

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROTOTIPO DE MIGRACIÓN A LA NUBE ACADÉMICA COMPUTACIONAL DE LOS
SERVICIOS DE TI DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del Programa de
Estudios de Posgrado en Computación e Informática para optar al grado y título de Maestría
Profesional en Computación e Informática.

PRISCILLA MARÍA CASTRO MUÑOZ

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2021

Dedicatoria

Any desde pequeñas fuiste mi modelo a seguir, el tiempo que Dios nos dio me empujaste a seguir a pesar de los tropiezos, y ahora que ya no te puedo ver, vives en mi corazón y me empujas desde el cielo. Este trabajo está totalmente dedicado a ti, mi inspiración, mi ángel y hermana.

Te amo y te extraño

Agradecimientos

En primera estancia le agradezco a Dios por poner su mano en este proyecto, a mi padre Marco Castro por sus oraciones y creer que yo era capaz de tan grande reto, a mi madre Ruth Muñoz por su apoyo incondicional y su paciencia, a mi novio Louis Balladares, en el momento justo Dios unió nuestras vidas y has sido pilar en este largo camino con tu amor sincero.

Le agradezco al Dr. Ricardo Villalón Profesor Guía de este trabajo por sus consejos y paciencia con mi persona, mi amigo Ing. Andrés Fallas por estar dispuesto a brindarme su ayuda en todo momento.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Computación e Informática.”

Dra. Gabriela Marín Raventós
**Representante del Decano
Sistema de Estudio de Postgrado**

Dr. Ricardo Villalón Fonseca
Profesor Guía

Dra. Gabriela Barrantes Sliesarieva
Lectora

M.Sc Francisco Arroyo Mora
Lector

Dr. Luis Gustavo Esquivel Quirós
**Representante de la Directora del Programa de Posgrado en Computación e
Informática**

Priscilla María Castro Muñoz
Sustentante

Contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Hoja de aprobación	iv
Resumen.....	xi
Lista de Tablas	xii
Lista de Figuras.....	xiv
Lista de abreviaturas	xvi
Capítulo 1: Introducción	1
1.1. Problema	4
1.2. Justificación.....	6
1.3. Objetivos	9
1.3.1. Objetivo Principal	9
1.3.2. Objetivos específicos	9
Capítulo 2: Marco teórico	10
2.1. Computación en la nube.....	10
2.1.1. Beneficios de la nube	14
2.1.2. Desafíos de la nube	15
2.2. Sistema de gestión de nube	16
2.2.1. Ventajas de VCL.....	17
2.2.2. Arquitectura de VCL	18
2.3. Modelo de selección de procesos para migración.....	21

2.3.1.	Fase 1: análisis y evaluación de la situación actual	22
2.3.2.	Fase 2: valoración del mercado	25
2.3.3.	Fase 3: recomendaciones	25
2.3.4.	Fase 4: definición de la hoja de ruta	26
2.4.	Métodos de migración a la nube	26
Capítulo 3: Metodología		33
3.1.	Fase 1: análisis de los servicios a migrar	34
3.1.1.	Análisis de la Infraestructura del Decanato de Ingeniería	34
3.1.2.	Análisis del <i>software</i> del Decanato de Ingeniería.....	34
3.1.3.	Análisis de la gestión de servicios del Decanato de Ingeniería	35
3.1.4.	Análisis de los servicios a migrar y ejecución de modelo de selección	35
3.2.	Fase 2: creación e implementación del plan migración	35
3.2.1.	Creación del plan de migración	36
3.2.2.	Implementación de plan de migración	42
3.3.	Fase 3: Evaluación de la migración a la NAC	42
3.4.	Fase 4: Correcciones	44
Capítulo 4: Diagnóstico de los servicios de TI de la Facultad de Ingeniería		45
4.1.	Infraestructura General de TI del Decanato de Ingeniería	45
4.1.1.	Elementos de la Infraestructura	48
4.1.2.	Costo de la infraestructura actual.....	53
4.1.3.	Aseguramiento de la Infraestructura.....	53
4.1.4.	Obstáculos en la infraestructura actual	55

4.2.	<i>Software</i> del Decanato de Ingeniería.....	57
4.2.1.	Sistemas Operativos.....	57
4.2.2.	Aplicaciones para los laboratorios de cómputo	58
4.2.3.	Costos del <i>software</i> del Decanato de Ingeniería.....	60
4.2.4.	Aseguramiento del <i>software</i> actual.....	61
4.2.5.	Obstáculos del <i>software</i> de actual.....	61
4.3.	Gestión	62
4.3.1.	Laboratorios de cómputo	62
4.3.2.	Costos Administración técnica y Mantenimiento	66
4.3.3.	Obstáculos de la gestión actual.....	67
4.4.	Servicios del Decanato de Ingeniería a migrar a la NAC	68
4.4.1.	Préstamo de una aplicación con licencia privada	69
4.4.2.	Préstamo de equipo de cómputo para trabajos y tareas.	72
4.4.3.	Préstamo de laboratorio de cómputo del Decanato de Ingeniería	73
4.4.4.	Préstamo de Servidores de TI	75
Capítulo 5:	Propuesta de migración de los servicios de TI a la NAC	77
5.1.	Etapas 1 Planificación de la migración.....	77
5.1.1.	Objetivo General de la migración de los 4 servicios.	77
5.1.2.	Fortalezas y oportunidades de mejora esperadas con la migración	77
5.1.3.	Retos por enfrentar con la migración de estos servicios.....	78
5.1.4.	Revisión de cumplimiento de las políticas de servicio	79
5.2.	Etapas 2 Definición y evaluación de las dependencias	82

5.2.1.	Dependencias en infraestructura	82
5.2.2.	Dependencias de <i>software</i>	84
5.2.3.	Dependencias en gestión.....	84
5.3.	Etapa 3 Replanteamiento de servicios.....	85
5.3.1.	Infraestructura de la NAC.....	85
5.3.2.	Migración de las dependencias	86
5.3.3.	Migración de los servicios	89
5.4.	Etapa 4 Pruebas de la migración	90
5.4.1.	Prototipos de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería.....	90
5.4.2.	Caso de prueba 1: dependencias de software (aplicaciones con licencia privada) 91	
5.4.3.	Caso de prueba 2: dependencia de Infraestructura (componente de autenticación)	91
5.4.4.	Caso de prueba 3: dependencia de Infraestructura (componente de Aplicación) 92	
5.4.5.	Caso de prueba 4: servicio de préstamo de una MV con características de <i>hardware</i> y/o <i>software</i> a medida	92
5.4.6.	Caso de prueba 5: servicio de reserva de MV para clases y tareas.....	92
5.5.	Etapa 5: Optimización.....	93
5.5.1.	Aspecto de mejora 1: migración de servidores de Licencias a la NAC.....	94
5.5.2.	Aspecto de mejora 2: autenticación con un usuario ligado al dominio de la NAC 94	
5.5.3.	Aspecto de mejora 3: cálculo de requerimientos de <i>software en la NAC</i>	95

5.5.4.	Aspecto de mejora 4: control de préstamo de licencias privadas	95
5.5.5.	Aspecto de mejora 5: servidor de instaladores	95
5.5.6.	Aspecto de mejora 6: control de usuarios	96
Capítulo 6:	Evaluación y correcciones de la migración a la NAC	97
6.1.	Análisis de los obstáculos	97
6.1.1.	Infraestructura	97
6.1.2.	Software	98
6.1.3.	Gestión	98
6.2.	Validación de la propuesta de migración por obstáculos identificados	99
6.2.1.	Infraestructura	99
6.2.2.	Software	100
6.2.3.	Gestión	100
6.3.	Aspectos de mejora encontrados en la implementación del plan de migración..	100
6.4.	Validación de la propuesta de migración por costos	102
6.4.1.	Infraestructura	102
6.4.2.	Software	103
6.4.3.	Gestión	103
6.4.4.	Comparación cualitativa de costos	103
6.5.	Resultado de experiencia de usuario	104
6.6.	Correcciones	106
Capítulo 7:	Conclusiones y trabajo a futuro	107
7.1.	Problemas encontrados	109

7.2. Trabajo a Futuro	110
Bibliografía	112
8: Anexos	115
Anexo 8.1: ejecución de modelo de selección de procedimiento (Servicios).....	115
Anexo 8.2: cuestionario UEQ para evaluación de experiencia de usuario.	117
Anexo 8.3: distribución de los laboratorios de cómputo de la Facultad	119
Anexo 8.4: cálculo de costos de la Infraestructura por año.	120
Anexo 8.5: servidores del Decanato de Ingeniería.....	128
Anexo 8.6: cálculo de costos de <i>software</i>	129
Anexo 8.7: cálculo costos de gestión	130
Anexo 8.8: resultados de casos de prueba.....	136
Anexo 8.9: cuadros de obstáculos	141
Anexo 8.10: cotizaciones de los proveedores	144

Resumen

La computación en la nube es un paradigma que permite ofrecer servicio de tecnología de forma escalable y elástica por medio de la red; la utilización de este estilo de computación ha ido en aumento por los beneficios que ofrece: como la reducción de costos, mayor disponibilidad y flexibilidad, entre otros.

En la Universidad de Costa Rica existe un proyecto llamado Nube Académica Computacional (NAC), donde se busca brindar servicios en la nube a la población universitaria. En este trabajo se creó e implementó un plan de migración de los servicios de tecnologías de información (TI) del Decanato de Ingeniería a la NAC, con el fin de mejorar estos servicios por medio de los beneficios que la NAC ofrece.

El plan de migración de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería a la NAC, es un plan por etapas que busca una migración progresiva y sencilla, la cual pueda servir como modelo para la migración de servicios de TI otras Unidades Académicas de la Universidad de Costa Rica.

Para la evaluación de la migración, se tomó en cuenta un análisis de los obstáculos que presentan los servicios actuales, y si estos fueron mejorados o solucionados con la migración, se realizó análisis de los aspectos a mejorar en la implementación del plan, luego se realiza una comparación a nivel cualitativo de los costos de la infraestructura actual con los de la nube y por último, se toma en cuenta la experiencia de los usuarios que utilizaron la plataforma, además se le agregan correcciones al plan de migración con respecto a la experiencia obtenida.

Lista de Tablas

Tabla 2.1 Desafíos de la migración a la nube para instituciones de educación superior	30
Tabla 3.1 Variables de medición para los servicios de TI	43
Tabla 4.1 Modelos de equipo de cómputo de los laboratorio de la Facultad de Ingeniería	49
Tabla 4.2 Costos de la infraestructura por año	53
Tabla 4.3 Costos de amortización de las principales licencias de la Facultad.....	60
Tabla 4.4 Mantenimiento de laboratorios	65
Tabla 4.5 Costo de recurso humano para gestión de TI.....	67
Tabla 5.1 Políticas del servicio de préstamo de software en equipos personales	80
Tabla 5.2 Políticas del servicio de préstamo de aplicaciones en otras Unidades	81
Tabla 5.3 Políticas del servicio de préstamo de equipo de cómputo para tareas	81
Tabla 5.4 Políticas del servicio de préstamo de laboratorios de cómputo	81
Tabla 5.5 Políticas de los servicios de TI	82
Tabla 5.6 Tabla de compatibilidad del licenciamiento con la NAC	88
Tabla 6.1 Análisis de los aspectos a mejorar de la migración	101
Tabla 8.1 Distribución de los laboratorios de cómputo de la Facultad.....	119
Tabla 8.2 Costo de los Activos y su depreciación	121
Tabla 8.3 Cálculo del consumo de los activos en el cuarto de servidores	123
Tabla 8.4 Consumo eléctrico de laboratorio de cómputo 36	123
Tabla 8.5 Consumo eléctrico de laboratorio de cómputo 36	124
Tabla 8.6 Costos de mantenimiento de aires acondicionados	124
Tabla 8.7 Costo del cuartos de servidores por año	125

Tabla 8.8 Costo por año de los laboratorios de 36 equipos	126
Tabla 8.9 Costo por año de los laboratorios de 25 equipos	127
Tabla 8.10 Costo de los activos de software.....	129
Tabla 8.11 Cálculo de costos de mano de obra.....	131
Tabla 8.12 Costos de gestión	134
Tabla 8.13 Costos de gestión en la NAC	135
Tabla 8.14 Caso de prueba 1.....	136
Tabla 8.15 Caso de prueba 2.....	137
Tabla 8.16 Caso de prueba 3.....	138
Tabla 8.17 Caso de prueba 4.....	139
Tabla 8.18 Caso de prueba 5.....	140
Tabla 8.19 Obstáculos de la infraestructura actual	142
Tabla 8.20 Obstáculos del software actual	142
Tabla 8.21 Obstáculo de la Gestión actual	143
Tabla 8.22 Tabla comparativa de costo del servicio en la nube con el actual	145

Lista de Figuras

Figura 2.1 Modelo de Computación en Nube del NIST	10
Figura 2.2 Arquitectura física del VCL	19
Figura 2.3 Árbol de decisión de procesos a trasladar a la nube	22
Figura 2.4 Algunos detalles del modelo iterativo de 7 pasos para migración a la nube.	27
Figura 3.1 Pasos de la metodología para cumplir con los objetivos de la investigación	33
Figura 3.2 Restructuración del plan de migración de 7 pasos	36
Figura 3.3 Proceso del Plan de migración a la NAC	37
Figura 3.4 Estrategias de migración más comunes	39
Figura 3.5 Resumen del plan piloto de migración del Decanato de Ingeniería	41
Figura 4.1 Clasificación de los componentes de la infraestructura de TI.....	45
Figura 4.2 Relación de los componentes de la infraestructura de TI del Decanato de Ingeniería	47
Figura 4.3 División de los laboratorios de cómputo de la Facultad de Ingeniería	48
Figura 4.4 Gráfico de distribución de equipos de cómputo de los laboratorios	50
Figura 4.5 Distribución lógica de la red los laboratorios de Ingeniería.....	51
Figura 4.6 Gráfico comparativo de los tipos de licencias del Decanato de Ingeniería.....	58
Figura 4.7 Cronología del proceso de instalación de un laboratorio	63
Figura 4.8 Prioridad de atención de incidentes de los laboratorios.	65
Figura 4.9 Procedimiento de instalación en equipo personal	71
Figura 4.10 Procedimiento de instalación aplicación en otra Unidad Académica	72
Figura 4.11 Procedimiento de préstamo de equipos de cómputo para trabajos y tareas	73

Figura 4.12 Procedimiento para el préstamo de un laboratorio de cómputo	75
Figura 4.13 Procedimiento de préstamo de servicio de servidores.....	76
Figura 5.1 Dependencias directas de los servicios de TI a migrar a la NAC	84
Figura 5.2 Diagrama de componentes de la infraestructura de TI para la migración.....	85
Figura 5.3 Resumen de la re arquitectura de las dependencias de infraestructura de TI.....	87
Figura 5.4 Resumen de la re arquitectura de los servicios de TI	90
Figura 6.1 Tipos de obstáculos de la arquitectura actual	98
Figura 6.2 Gráfico de escalas UEQ para servicio de clases en la NAC	105
Figura 8.1 Tarifa preferencial del carácter social T-CS.....	122
Figura 8.2 Escala salarial UCR.....	130
Figura 8.3 Monto de ayuda estudiantil	130
Figura 8.4 Cotización de Google cloud	144
Figura 8.5 Cotización de Microsof Azure	144

Lista de abreviaturas

RID: Recurso informático descentralizado

NAC: Nube Académica Computacional

TI: Tecnologías de Información

MV: Máquinas Virtuales

CI: Centro de Informática

LDAP: *Lightweight Directory Access Protocol* (Protocolo Ligero de Acceso a Directorios)

VPN: *Virtual Private Network* (Red Privada Virtual)

MMC: *Microsoft Management Console*

UCR: Universidad de Costa Rica

AD: *Active Directory*

IP: *Internet Protocol* (Protocolo de internet)

UEQ: *User Experience Questionnaire* (Cuestionario de experiencia de usuario)

SDN: (*Software Defined Networks*)



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SEP Sistema de
Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Priscilla María Castro Muñoz, con cédula de identidad 113340560, en mi condición de autor del TFG titulado Prototipo de migración a la Nube Académica Computacional de los servicios de TI de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI ☒ NO * ☐

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: Priscilla María Castro Muñoz

Número de Carné: B58033 Número de cédula: 113340560

Correo Electrónico: priscillamcm@gmail.com

Fecha: 22 de marzo del 2021 Número de teléfono: 88808813

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Dr. Ricardo Villalón Fonseca

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

Capítulo 1: Introducción

La computación en la nube es un paradigma que ofrece servicios de tecnología de información (TI) bajo demanda, por medio de una red pública o privada. Los servicios de cómputo en la nube generalmente están alojados en centros de datos y servidores físicos o virtuales. (Li & Toderick, 2010)

En la actualidad la utilización de la nube ha aumentado exponencialmente, según las proyecciones la inversión en esta tecnología ascenderá de 153,5 mil millones de dólares en el 2017 a 302,5 mil millones de dólares en el 2021 (Marín, 2018). La nube evolucionó y pasó de ser buscada como procesamiento y almacenamiento de bajo costo, a ser un motor para la innovación, donde los usuarios esperan disponibilidad y velocidad en sus servicios (Marín, 2018), cada vez más empresas tienen como objetivo migrar sus diferentes servicios a la nube, por las ventajas que ésta genera.

En el ámbito de la educación superior, existen proyectos como *Virtual Computing Lab*, de *Apache Foundation*, que desarrolló un sistema de gestión de nube en *North Carolina State University* (NCSU), mediante la colaboración de la Facultad de Ingeniería y la iniciativa para promover la Computación Virtual de IBM (*Virtual Computing Initiative*), con el fin de dar respuesta a una creciente cantidad de necesidades computacionales y a los requerimientos de los usuarios para una universidad (Moothoor & Bhatt, 2010). Este tipo de sistemas toma las ventajas de una nube y las acopla a las necesidades que puede tener un centro de enseñanza superior, como mayor accesibilidad y aprovechamiento de los recursos informáticos. (Melhem, Daradkeh, Agarwal, & Goel, 2015)

En la Universidad de Costa Rica (UCR) en el año 2013 inició un proyecto para la creación de una Nube Académica Computacional (NAC), con el objetivo de brindar servicios de nube a la población universitaria, dicho proyecto actualmente tiene un gran avance en la

plataforma de préstamo de máquinas virtuales, creación de laboratorios virtuales y un sistema de almacenamiento dirigido a los estudiantes.

La Universidad de Costa Rica está dividida en Facultades para ramas específicas de estudio, estas tienen asignadas una o varias Unidades Académicas, también conocidas como unidades académicas, cada Facultad tiene un decanato que se encarga de administrar todo lo pertinente a la Facultad. Este trabajo se desarrolla en el Decanato de la Facultad de Ingeniería, en el departamento de Tecnología de la información, el cual brinda servicios de tecnología principalmente a las Unidades Académicas de la Facultad de Ingeniería y algunos casos a otras unidades académicas fuera de la Facultad. A la persona encargada de coordinar cada departamento de TI se le conoce como Recurso Informático Descentralizado (RID).

El departamento de TI del Decanato de la Facultad de Ingeniería brinda diversos servicios como préstamo de computadoras, préstamo de aplicaciones con licencias privadas, préstamo de laboratorios de cómputo para impartir clases, entre otros, pero estos enfrentan diversos problemas, como falta de *hardware* para los laboratorios, sobresaturación de laboratorios, subutilización de las licencias privadas, entre otros. La utilización de la NAC, con las ventajas que ofrece la computación en la nube, podría ser de gran ayuda a mitigar estos problemas, sin embargo, el proyecto de la NAC no cuenta con procesos establecidos de migración que las distintas Unidades Académicas y Facultades de la Universidad de Costa Rica puedan utilizar, además tampoco se cuenta con políticas de uso de los servicios, ni cómo los RID de cada unidad pueden administrar.

En el caso de la Facultad de Ingeniería de la UCR, una iniciativa de este tipo tendría como meta impulsar el desarrollo y utilización de las TIC, para apoyar el aprendizaje de los estudiantes, y aprovechar todas las ventajas que ofrece esta tecnología en función de mejorar el servicio dado a la población estudiantil y docente.

Por lo expuesto anteriormente, el presente trabajo se desarrolla con el fin de implementar un plan de migración de los servicios actualmente se brindan en la Facultad de Ingeniería de la

Universidad de Costa Rica a la NAC, para el aprovechamiento de la plataforma, además de crear una propuesta de implementación y administración de los servicios. Para lograr este objetivo se hace un proceso de selección de los servicios de TI a migrar la NAC, y se toman los servicios que tengan más posibilidad a una migración exitosa, luego se realiza un diagnóstico del entorno que rodea a los servicios escogidos, en las aristas de Infraestructura, *Software* y Gestión, para tener un panorama de las necesidades y los obstáculos de los servicios, además se hace una revisión de las políticas de uso, procedimientos, entre otros.

Se crea el plan de migración y se procede a una primera etapa de implementación para los servicios escogidos, con esta da como resultado la migración de los servicios, con algunas mejoras para el futuro.

Para la evaluación del plan de migración, se tomaron 4 aspectos, el primero son los obstáculos de la infraestructura actual que fueron mejorados o solucionado con la migración, en segundo aspecto las mejoras encontradas en la implementación de plan de migración, el tercer aspecto es de costos, se realizó una comparación cualitativa de los costos del uso de los laboratorios en la arquitectura física actual con respecto al uso en plataformas de nube comercial y la cuarto aspecto es valorar de experiencia de usuario, en cuanto el uso de la plataforma, esto se realiza es por medio de un cuestionario estandarizado de experiencia de usuario (UEQ).

Por último, plantean correcciones al plan de migración con respecto a la experiencia adquiridas a la evaluación del plan, con el fin de crear un plan que sirva para la migración de servicios de otras Unidades Académicas y/o Facultades.

1.1. Problema

El problema que motiva la creación de este proyecto es mejorar la utilización de los recursos con que cuenta la Universidad de Costa Rica en materia de tecnología, con el fin mejorar los servicios de TI que se les brinda a los estudiantes y los docentes.

Actualmente la Universidad de Costa Rica cuenta con los recursos para crear y administrar los laboratorios de cómputo en la NAC, además de otros servicios de TI, pero no se está aprovechando apropiadamente por falta de procedimientos institucionales para la migración de un laboratorio tradicional a esta tecnología, además tampoco existe una regulación de uso de esta.

Los laboratorios de cómputo en la Facultad de Ingeniería se han vuelto vitales en los cursos que imparten las diferentes Unidades Académicas, donde la demanda de estos se ha incrementado hasta provocar una saturación de estos y una reducción de los tiempos libres para su mantenimiento y administración, dificultando la gestión.

Por la diversidad de las Unidades Académicas que conforman la Facultad de Ingeniería, se cuenta con una gran variedad de licencias de *software* especializado, muchos de estos sistemas tienen contratos de licenciamiento que restringen su uso a un número de equipos definido, donde el *software* sólo se puede utilizar en las máquinas físicas que se encuentran en los laboratorios de cómputo de la Facultad, limitando las horas de uso a los horarios del edificio, generando un problema de acceso y uso para los estudiantes cuyos horarios sobrepasan los de los laboratorios de la Facultad.

La Facultad cuenta con 16 laboratorios de cómputo en los edificios centrales, pero en muchos casos los sistemas instalados necesitan alta capacidad de procesamiento, memoria RAM y video; el *hardware* instalado cuenta solamente con el mínimo establecido para estos programas, limitando a los docentes en la creación de trabajos y prácticas de los cursos; ya que no utilizan todo el potencial del *software*.

La creciente necesidad de recursos de TI no sólo se ha incrementado en el campo de licenciamiento y laboratorio de cómputo, también la Facultad brinda servicios de alojamiento de página web y archivos en los servidores de la Facultad, pero estos servicios se ven limitados a la capacidad de los equipos.

Con el plan de migración se busca crear un procedimiento del uso de la NAC para que las Unidades Académicas puedan hacer uso del recurso tecnológico, además en el caso de la Facultad de Ingeniería mejorar en los problemas mencionados.

1.2. Justificación

El presente proyecto, se desarrolla por la necesidad de mejorar el servicio que brinda el Decanato de Ingeniería a la población estudiantil, al personal docente y al personal administrativo, en cuanto al uso de los servicios de TI, utilizando recursos existentes de la Universidad. Se debe tomar en cuenta que el integrar la tecnología para innovar en los servicios es clave para una educación de calidad, donde se fomenta en los estudiantes y docentes la utilización de diversas de herramientas que se adaptan al mercado actual.

La Universidad de Costa Rica ya cuenta con una plataforma para implementar la nube académica, la cual se puede utilizar como ayuda en el proceso de enseñanza. Este proyecto pretende aportar en la creación de procedimientos base para la migración, que a su vez ayude a la conformación de la regulación institucional de la nube y, de esta manera, en el futuro, más Unidades Académicas y/o Facultades que deseen utilizar dicha plataforma puedan contar con un procedimiento para implementarla.

La Facultad de Ingeniería actualmente brinda el servicio de préstamo de *software* con licencias privadas a docentes y estudiantes; con la nube se pretende maximizar el uso de este servicio en cuanto acceso al *software* ya que permitirá su uso sin estar ligado a horarios fijos y/o una ubicación geográfica; poniendo la plataforma al alcance de la población estudiantil, el objetivo es incrementar el uso del *software* y el aprovechamiento de las licencias pagadas.

La implementación de este servicio no solo implica una mayor accesibilidad al *software* con licencias privada, y por lo tanto una inclusividad mayor para los estudiantes, uno de los principios base de esta institución, sino también implica mayores beneficios para los usuarios. Para los y las estudiantes significa mayor acceso a equipos y *software* que no se encuentran a su alcance (y en muchos casos puede ser crucial para su futura inserción en el mercado laboral), así como mayores facilidades para la elaboración de proyectos y prácticas

desde sus hogares. Para los docentes implica la seguridad de acceder a su información, *software* y/o proyectos más allá de los horarios laborales y desde el sitio donde lo requieran.

En el caso de las Sedes Universitarias, donde el acceso a licencias privadas de *software* es un tema pendiente de la Universidad. La nube puede brindar la solución mediante la implementación de máquinas virtuales con el *software* solicitado, esto sin incumplir las normas comerciales de las licencias en cuestión. Otra de las mejoras que se obtendrán con la implementación del proyecto de la nube, está asociado a que el *software* que está instalado se ve limitado al *hardware* existente, al crear máquinas virtuales se pretende potenciar el uso del *software*, utilizando todas las características que este ofrece sin importar el equipo físico de las sedes.

En el ámbito de la investigación, la Facultad tiene proyectos en los cuales la necesidad de procesamiento es considerable, como simulaciones, procesos matemáticos, etc.; tomando en cuenta que la compra de equipo para procesamiento tipo *cluster* y estaciones de trabajo tiene costos muy elevados, la implementación de la nube puede solventar esta necesidad sin incurrir en la compra de nuevos equipos, reduciendo los costos operativos de la Institución.

Actualmente, solo en el Decanato de Ingeniería, se realiza el cambio anual de 30% de equipo aproximadamente, lo cual significa la compra de entre 35 a 45 computadoras nuevas por año, esto debido a que el *software* utilizado, cada vez más especializado, requiere mejoras en los equipos año con año, también esto ocurre por el aumento de la demanda de los equipos por parte del estudiantado y el cuerpo docente universitario. La implementación de máquinas virtuales a su vez reduciría la necesidad de compra de equipo y fomentaría el uso de la plataforma virtual universitaria.

Por último, el ámbito de la administración es otro campo donde se vería mejorado el préstamo de servicio. La utilización de la nube brinda mayor facilidad en la instalación, mantenimiento y préstamo de equipos, reduciendo largas horas de trabajo a las personas encargadas de administrar las TI, en instalación de equipo. Con la implementación de la nube se procura

aprovechar las horas de trabajo humano para tareas más importantes, además de acelerar las peticiones de instalación y préstamo de sistemas.

Como se puede apreciar, la implementación de un proyecto de este tipo trae consigo ventajas sociales, de inclusividad, acceso a equipo y *software* para el estudiantado; de facilidades de acceso a la información para sus lecciones o investigaciones para los cuerpos docentes, económicos para la Institución y de eficiencia para el personal administrativo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Principal

Desarrollar una propuesta de migración, implementación y administración de servicios de TI en la nube, que satisfaga las necesidades de infraestructura, disponibilidad, seguridad y flexibilidad para los servicios de TI que brinda la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los principales problemas actuales que tienen los servicios de TI de la Facultad y que se podrían resolver con la implementación en la nube.
- Definir una propuesta de migración a la nube de los servicios de TI, la cual podría servir como modelo para la futura migración en otras Unidades de la institución.
- Implementar un prototipo de solución en la nube para los servicios de TI identificados.
- Validar la aplicabilidad de la propuesta de migración en la Facultad con base en los problemas identificados y su solución.

Capítulo 2: Marco teórico

Este capítulo describe los principales conceptos teóricos que sustentan este trabajo. Se explican tres temas principales: computación en la nube y sus características, sistemas de gestión de nube y métodos de migración de servicios a la nube.

2.1. Computación en la nube

En *The Polish journal of management studies*, Gartner (2013) define *cloud computing* como un estilo de computación donde se ofrecen capacidades de TI de forma escalable y elástica, utilizando tecnologías de Internet.

Mell & Grece (2011) en *The National Institute of Standards and Technology* (NIST), definen la computación en la nube como “un modelo que permite el acceso de red ubicuo, conveniente y bajo demanda a un grupo compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden aprovisionarse y liberarse rápidamente con un mínimo esfuerzo de gestión o Interacción del proveedor de servicios”

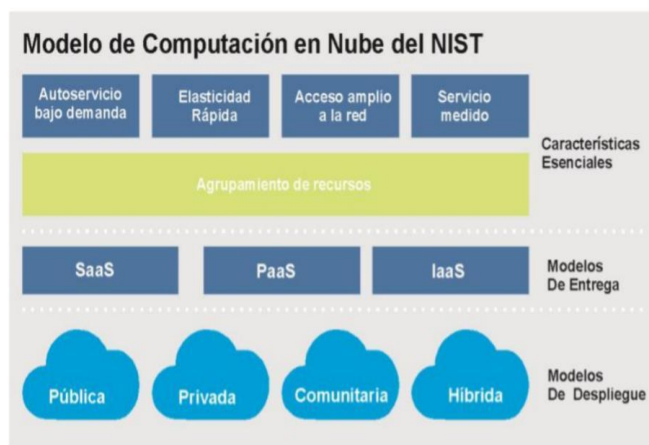


Figura 2.1 Modelo de Computación en Nube del NIST

Fuente: Primorac. (2014).

En la Figura 2.1 se puede ver el modelo de computación en la nube propuesto en el NIST, en el cual determina que la computación en la nube tiene con cinco características esenciales, tres métodos de entrega y cuatro modelos de implementación. A continuación, se describe con más detalle cada uno de estos.

Las cinco características esenciales de los servicios en la nube son:

- Auto servicio bajo demanda: un cliente puede aprovisionar por sus propios medios los recursos o funciones informáticas, como la configuración de la hora del servidor y el almacenamiento en red, según sea necesario de forma automática sin requerir la interacción humana del proveedor de servicios.
- Rápida elasticidad: los recursos se pueden aprovisionar y liberar elásticamente, según la demanda, en algunos casos automáticamente. Para el consumidor, las capacidades disponibles para el aprovisionamiento a menudo parecen ser ilimitadas y pueden ser apropiadas en cualquier cantidad en cualquier momento.
- Amplio acceso a la red: las capacidades están disponibles a través de la red y se accede a ellas a través de mecanismos estándar y heterogéneos hecho para todo tipo de clientes (por ejemplo, teléfonos móviles, tabletas, computadoras portátiles y estaciones de trabajo).
- Servicio medido: los sistemas en la nube tienen mecanismos de medición en algunos de los niveles de abstracción para el tipo de servicio (por ejemplo, almacenamiento, procesamiento, ancho de banda y cuentas de usuario activas), con estos mecanismos controlan y optimizan automáticamente el uso de los recursos en la nube. El uso de los recursos se puede monitorear, controlar e informar, proporcionando transparencia tanto para el proveedor como para el consumidor del servicio utilizado. Esta posibilidad de medición deriva al cálculo del costo del servicio por parte del proveedor hacia el cliente según el uso final, esto en la mayoría de los casos.

- Agrupamiento de recursos: los recursos informáticos del proveedor se agrupan para servir a múltiples consumidores, con diferentes recursos físicos y virtuales asignados y reasignados dinámicamente de acuerdo con la demanda. Existe una sensación de independencia de ubicación en el sentido de que el cliente generalmente no tiene control o conocimiento sobre la ubicación exacta de los recursos proporcionados, pero puede ser capaz de especificar la ubicación en un nivel más alto de abstracción (por ejemplo, país, estado o centro de datos). Ejemplos de recursos incluyen almacenamiento, procesamiento, memoria y ancho de banda de red.

Los servicios en la nube se clasifican en tres métodos de entrega: IaaS, PaaS y SaaS; Mell & Grece (2011) en el NIST (2011), describen estos servicios de la siguiente manera según la capacidad que tiene el consumidor con respecto a la nube:

- Infraestructura como servicio (IaaS): se da un aprovisionamiento de procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos informáticos fundamentales donde el consumidor tiene la capacidad de implementar y ejecutar *software* arbitrario, que puede incluir sistemas operativos y aplicaciones. El consumidor no administra ni controla la infraestructura de nube subyacente, pero tiene control sobre los sistemas operativos, el almacenamiento y las aplicaciones implementadas; y posiblemente un control limitado de componentes de red seleccionados (por ejemplo, firewalls de host).
- Plataforma como servicio (PaaS): la capacidad proporcionada al consumidor es implementar aplicaciones creadas o adquiridas por el consumidor usando lenguajes de programación, bibliotecas, servicios y herramientas compatibles con el proveedor, en la infraestructura de la nube. El consumidor no administra ni controla la infraestructura de nube subyacente, incluida la red, servidores, sistemas operativos o almacenamiento, pero tiene control sobre las aplicaciones implementadas y posiblemente las configuraciones para el entorno de alojamiento de aplicaciones.

- *Software* como servicio (SaaS): la capacidad proporcionada al consumidor es usar las aplicaciones del proveedor que se ejecutan en una infraestructura en la nube. Se puede acceder a las aplicaciones desde varios dispositivos, como un navegador web (por ejemplo, correo electrónico basado en la web) o una interfaz de programa. El consumidor no puede controlar la infraestructura de la nube subyacente, incluida la red, los servidores, los sistemas operativos, el almacenamiento o incluso las capacidades de aplicaciones individuales, con la posible excepción de configuraciones de las aplicaciones que sean específicas para el usuario.

Los mismos autores señalan que se deben considerar cuatro modelos de implementación, que definen los tipos de operación, la disponibilidad de la nube y sus servicios:

- Nube pública: La infraestructura de la nube está aprovisionada para uso abierto por el público en general y puede ser administrado por una o varias organizaciones comerciales, académica o gubernamentales. (Mell & Grance, 2011)
- Nube privada: la infraestructura de la nube está aprovisionada para uso exclusivo de una sola organización que comprende múltiples consumidores (por ejemplo, unidades de negocios). Puede ser propiedad, ser administrado y operado por la organización, un tercero o alguna combinación de ellos, y puede existir dentro o fuera de las instalaciones.
- Nube comunitaria: la infraestructura de la nube se aprovisiona para uso exclusivo de una comunidad específica de consumidores de organizaciones que tienen preocupaciones compartidas (por ejemplo, misión, requisitos de seguridad, políticas y consideraciones de cumplimiento). Puede ser propiedad, ser administrado y operado por una o más de las organizaciones de la comunidad, un tercero o alguna combinación de ellas, y puede existir dentro o fuera de las instalaciones.

- Nube híbrida: La infraestructura de la nube es una composición de dos o más infraestructuras de nube, descritas anteriormente, estas siguen siendo entidades únicas, pero están unidas por una tecnología. (Mell & Grance, 2011)

2.1.1. Beneficios de la nube

Además de las cinco características mencionadas, según Primorac (2020), la computación en la nube brinda una serie de beneficios adicionales, los cuales se mencionan a continuación:

- Reducción de costos: debido a que las redes en nube operan más eficientemente y con mayor utilización, frecuentemente se encuentran reducciones significativas en los costos.
- Facilidad de uso: dependiendo del tipo de servicio ofrecido, se puede encontrar que no se requiere de *hardware* o de licencias de *software* para implementar el servicio.
- Calidad del servicio (QoS: *Quality of service*): la calidad del servicio es algo que se puede obtener bajo contrato con el proveedor de la nube.
- Fiabilidad: esta es considerada una de las principales características de explotación de las capacidades de la nube, indica la capacidad de garantizar un funcionamiento constante del sistema sin interrupciones.
- Tercerización de servicios TI: la tercerización de los servicios TI permite que otros se encarguen del manejo de la infraestructura informática del negocio, logrando reducciones considerables en los costos del personal de TI.
- Facilidad de mantenimiento y actualización: las actualizaciones se pueden aplicar fácilmente, lo que permite que los usuarios tengan acceso a las últimas versiones de *software*.
- Barreras de entrada bajas: los gastos de capital inicial se reducen dramáticamente, poniéndolas a disposición de las pequeñas empresas.

2.1.2. Desafíos de la nube

Además de los beneficios que ofrece la computación en la nube, se debe tener en cuenta los riesgos o retos que deben ser considerados a la hora de una migración, en el estudio Cloud Computing. Retos y Oportunidades (Urueña, Ferrari, Blanco, & Valdecasa, 2012), a partir del informe de la Universidad de Berkeley publicado en 2009” *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*” señalan diez retos claves:

- Disponibilidad de servicio
- Bloqueo de los datos
- Confidencialidad de los datos y auditabilidad
- Cuellos de botella en la transferencia de datos
- Rendimiento del servicio impredecibles
- Escalabilidad de la capacidad de almacenamiento
- Tolerancia a fallos en sistemas distribuidos a gran escala
- Rápida escalabilidad tecnológica
- Perjuicio de reputación
- Licenciamiento de *software*

Según Urueña et al. (2012), los principales retos que identifican las distintas empresas y organizaciones públicas están relacionados con la seguridad, la confidencialidad de los datos corporativos y la privacidad e integridad de los servicios y datos de la entidad. Por detrás de estos aspectos de seguridad se sitúa como principal consideración la disponibilidad de los servicios y datos. Otras consideraciones analizadas en las empresas sobre las soluciones en la nube son:

- Ausencia de responsabilidades por parte del proveedor en el caso de incidencias.
- Pérdida de control de los servicios y/o datos, delegar el control a terceros, genera gran desconfianza por parte del cliente.

- Rechazo de parte de los usuarios, al cambio de tecnología.
- Costes variables no controlados
- Inconsistencia entre las leyes y regulaciones transnacionales
- Amortización tecnológica

2.2. Sistema de gestión de nube

La gestión de la nube es la forma en que los administradores controlan todo lo que opera en una nube. Los sistemas de gestión de la nube permiten que los administradores supervisen diferentes tipos de actividades en ese entorno, como la implementación de recursos, el seguimiento del uso, la integración de los datos e, incluso, la recuperación ante desastres. (Red Hat, 2020)

VCL es un sistema de gestión de nube, según Moothoor & Bhatt (2010) fue creada principalmente para diseñar y configurar misiones educativas y de investigación de la universidad, de manera muy económica y redituable. VCL es un proyecto de computación en nube, de código abierto y sistema libre, el cual funciona bajo demanda, con acceso remoto donde de forma dinámica asigna los recursos de computación disponibles a los usuarios finales. (Melhem, Daradkeh, Agarwal, & Goel, 2015)

La Universidad del Estado de Carolina del Norte, en cooperación con la empresa IBM, anunció la creación del sistema en 2006 con el objetivo de crear servicios informáticos compartidos en comunidades mult institucionales, que incluye universidades, colegios, escuelas y socios de negocios. Se convirtió en un proyecto del proyecto Apache en 2008, luego un proyecto de nivel superior de *Apache Software Foundation* en 2012, que proporciona un entorno de nube abierta para propósitos educativos. (Melhem, Daradkeh, Agarwal, & Goel, 2015)

VCL tiene como objetivo desarrollar y promover los conceptos de virtualización y soluciones de código abierto para el beneficio de la academia y sus grupos de interés, mediante la creación de recursos de computación virtuales compartidos. VCL puede proporcionar infraestructura como servicio (IaaS), ya que potencia los recursos informáticos como CPU, RAM, red y almacenamiento, plataforma como servicio (PaaS) donde se pueden elegir diferentes sistemas operativos como Windows o Linux y *Software*, como Servicio (SaaS) se puede dar servicio de aplicaciones como Matlab, CAD, DB, y otros servicios en la nube; además, tiene flexibilidad para la modificación y desarrollo. Melhem, Daradkeh, Agarwal, Goel (s.f.)

2.2.1. Ventajas de VCL

VCL fue creado para entornos educacionales donde la disponibilidad de los recursos en cualquier lugar y en cualquier momento es la más ventaja significativa de la solución. Por otra parte, tiene beneficios adicionales que se pueden resumir de la siguiente manera: (Melhem, Daradkeh, Agarwal, & Goel, 2015)

- El aumento de la computación en la accesibilidad de los recursos.
- El aumento de la integridad y la disponibilidad de los datos, las aplicaciones y materiales de investigación.
- El aumento de la movilidad de los usuarios finales para que los recursos accesibles en cualquier lugar y en cualquier momento.
- La reducción las aplicaciones de los clientes y la huellas que dejan en los recursos del sistema.
- El aumento de la utilización de aplicaciones y rendimiento informático.
- Proporcionar acceso conveniente del web y un portal de autoservicio.

Otras ventajas que proporciona VCL, para ser elegido en una institución educativa son:

- Más ampliamente utilizado para fines de investigación.
- Tiene un apoyo de la comunidad y el desarrollo de documentación clara.
- Arquitectura flexible y componentes modulares.
- Soporta diferentes tipos de hipervisores.
- Puede ser instalado en recursos de *hardware* modestos.

Podemos decir que VCL es un sistema de código abierto basado en Internet que se utiliza para proveer e intermediar de manera dinámica el acceso remoto a un entorno de computación dedicado para un usuario. VCL proporciona una solución abierta de *software* y de *hardware* para ejecutar y alojar proyectos y programas de aprendizaje de una universidad. (Moothoor & Bhatt, 2010)

2.2.2. Arquitectura de VCL

La arquitectura de VCL fue creada principalmente para diseñar y configurar un sistema de computación en la nube que sirviera para misiones educativas y de investigación de la universidad, de manera muy económica y redituable. Como se puede ver en la Figura 2.2 VCL entrega una gama de funcionalidades y servicios que se asocian correctamente a los requisitos de computación en nube y sus expectativas. (Moothoor & Bhatt, 2010)

A continuación, se indican los principales componentes de VCL:

- *Front-end server*: El servidor *front-end web* (*Web Server*) se encarga de la interfaz de administración del portal, la cual es una interfaz de acceso de usuario final.
- Administrador VCL: Un administrador de recursos (o gestor de VCL) que incluye un planificador, seguridad, monitoreo del rendimiento, gestión virtual de red, etc.

- *Database server*: El servidor de base de datos que contiene la información completa actualizada acerca del repositorio de imágenes y el horario de las solicitudes de los usuarios.
- *Hardware*: Los nodos de cómputo (servidores físicos, máquinas virtuales, máquinas de laboratorio de computación tradicionales, los recursos de computación en nube).

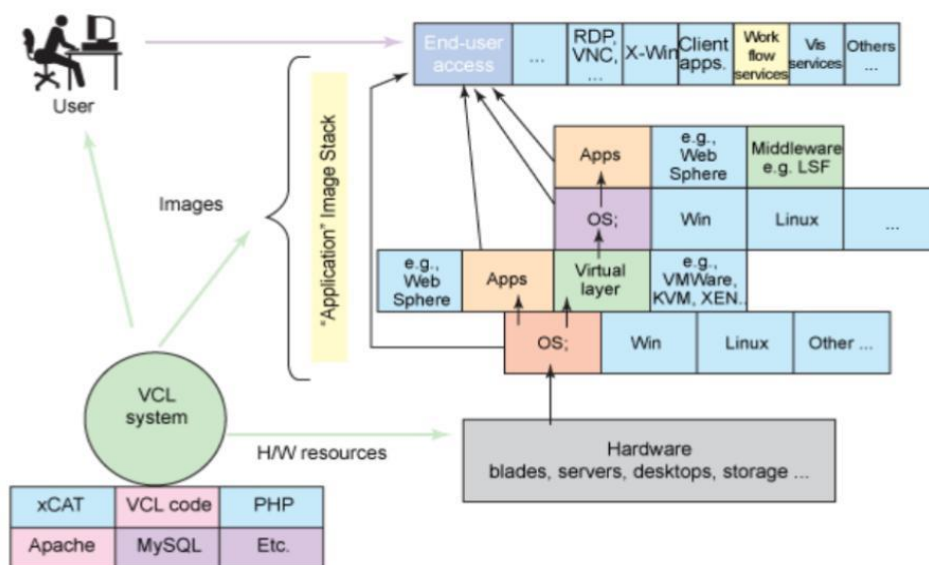


Figura 2.2 Arquitectura física del VCL

Fuente: Moothoor, y Bhatt A. V. (2010).

El usuario accede a VCL a través de una interfaz web (*Web Server*), donde puede reservar una imagen de máquina virtual. El gestor de VCL asocia la petición del usuario a los recursos de *hardware* disponibles y las imágenes de aplicaciones de *software* disponibles. La petición

del usuario luego se programa por medio del gestor (Melhem, Daradkeh, Agarwal, & Goel, 2015).

La interfaz web es esencial en VCL y proporciona los medios para solicitar, gestionar y gobernar todos los recursos. La interfaz web permite autenticar a los usuarios, muestra una lista de aplicaciones que están autorizados a utilizar, y permite que se reserven el uso de una aplicación, ya sea inmediatamente o en algún momento en el futuro para una longitud de tiempo. El rango de tiempo futuro y la longitud de la reserva son personalizables y pueden variar en función del usuario (Melhem, Daradkeh, Agarwal, & Goel, 2015).

Según Melhem et al. (2015), los principales servicios prestados por la interfaz web incluyen:

- Creación de imágenes: por medio de esta interfaz se puede crear usuarios con entornos personalizados.
- El control de revisión de imágenes: los usuarios privilegiados están habilitados para crear múltiples versiones de una imagen.
- Administración de usuarios: proporciona control de privilegios de usuario a través de la interfaz web, los usuarios pueden tener diferentes niveles de control.
- Administración de recursos: la interfaz proporciona un método de la programación de grupos de recursos.

VCL controla los recursos reales y virtuales, y carga imágenes en los servidores según las instrucciones del planificador. El sistema de VCL contiene el *daemon* VCL (VCLD), que es un middleware que procesa las reservas / trabajos que el portal web VCL ha asignado. VCLD garantiza que la imagen se cargue y la pone a disposición del usuario solicitante. Según Melhem et al. (2015), las utilidades comunes del servicio VCLD son:

- Conseguir la información sobre la instalación y el proceso de reserva / trabajo asignado por el portal Web VCL mediante la comunicación entre la interfaz web y la base de datos.
- La realización de una operación solicitada por medio del comando XCAT o comandos relacionados con el hipervisor de VMware.

- Monitoreo del tiempo de instalación y configuración, la ejecución de comandos PostScript solicitados, y el procedimiento de instalación de imagen.
- Administrar y configurar la imagen instalada para el uso solicitado.
- El mantenimiento de la máquina y el aprovisionamiento.

El servidor de Base de datos contiene autenticación, disponibilidad de recursos, imagen, solicitud de reserva, inventario de recursos, privilegios de usuarios y mapeo de recursos. Con la ayuda de la base de datos MYSQL, VCL puede rastrear el estado de cada servidor, mantener información sobre cada imagen e implementar un árbol de privilegios. Una infraestructura VCL a gran escala puede tener uno o más servidores *front-end* web, servidores de almacenamiento de imágenes, múltiples nodos de administración y servidores en diferentes ubicaciones, compartidos por diferentes instituciones. (Melhem, Daradkeh, Agarwal, & Goel, 2015)

2.3. Modelo de selección de procesos para migración

Un modelo de selección de procesos tiene como propósito definir la factibilidad de la migración de un proceso a la nube. El modelo de selección toma una serie de factores relevantes que deberán ser tenidos en cuenta durante las distintas fases. Con los resultados de cada fase para las especificidades propias de la empresa se logrará obtener una serie de recomendaciones y una hoja de ruta que marquen cómo implementar las soluciones *cloud* que aporten valor a la entidad. (Urueña, Ferrari, Blanco, & Valdecasa, 2012)

El modelo tiene cuatro fases que se explican a continuación:

2.3.1. Fase 1: análisis y evaluación de la situación actual

El primer paso para la selección de los procesos a trasladar a la nube es analizar los sistemas y aplicaciones, cuya gestión se desea externalizar mediante la contratación de una solución de *cloud computing*.

Urueña *et al.* (2012) propone un árbol de decisión constituido por 10 preguntas que ayudan a determinar si un proceso puede ser trasladado a la nube.

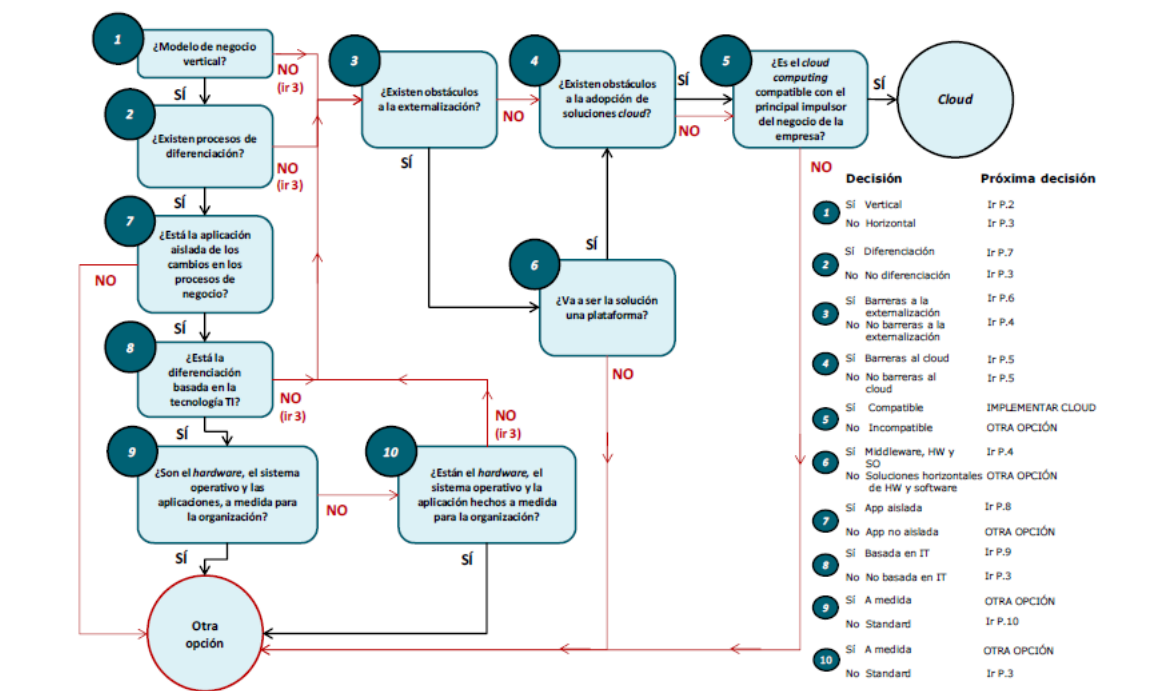


Figura 2.3 Árbol de decisión de procesos a trasladar a la nube

Fuente: (Urueña, Ferrari, Blanco, & Valdecasa, 2012)

Pregunta 1 ¿Es el modelo de negocio vertical?

Busca saber si un existen interdependencias entre los procesos del negocio, plataforma, aplicaciones e infraestructura de la organización. En caso de ser afirmativo el modelo del negocio es considerado vertical.

Pregunta 2 ¿Existen procesos de diferenciación?

En esta pregunta se buscar determinar si los procesos del negocio aportan diferenciación con respecto a su competencia, el objetivo es proteger esta ventaja que ofrece el proceso actual.

Pregunta 3 ¿Existen obstáculos a la externalización?

Es importante determinar si existe alguna barrera o riesgo que impida que algún proceso se pueda externalizar (migrar a un ente externo), estas barreras son de índole legal o geográfica y el riesgo puede ser de todo el proceso o de alguna parte de él. El objetivo es buscar una solución a dicha barrera.

Pregunta 4 ¿Existen obstáculos a la adopción de soluciones cloud?

Se identifica si existe algún tipo de barrera que impida la migración del servicio a la nube, los cuales puedan ser perjudiciales para los principales ejes de actuación del proceso de negocio o en costo, ejemplos de estas barreras pueden ser: costes de entrada elevados, inexistencia de proveedores suficientemente interesantes, existencia de recursos estándares no adaptables dentro de la organización etc.

Pregunta 5 ¿Es el cloud computing compatible con el principal impulsor del negocio?

Con esta pregunta se analiza si las fortalezas que ofrece la computación en la nube, impulsan los requerimientos principales del negocio.

Pregunta 6 ¿Va a ser la solución una plataforma (PaaS)?

El objetivo consiste en transformar las capas de dependencias citadas en pregunta 1 y las capas del proceso de negocio, en un estándar, que dote de interoperabilidad a todos los servicios TI de la empresa.

Pregunta 7 ¿Está la aplicación aislada de los cambios en los procesos de negocio?

En este punto se analiza si se puede personalizar la arquitectura de procesos de negocio sin que impacte en la configuración subyacente de la aplicación estándar que la soporta y a su gestión compartida de TI. Si el proceso de negocio está aislado, el servicio de nivel TI puede ser en cierta manera independiente del proceso de negocio.

Pregunta 8 ¿Está la diferenciación basada en los recursos de TI?

Con esta pregunta se busca determinar la importancia de los recursos de TI dentro de los distintos procesos de negocio.

Pregunta 9 ¿Están el hardware, el sistema operativo y la aplicación, hechos a medida para la organización?

“Si las capas de solución compuesta por el *hardware* y el sistema operativo y las capas de la aplicación están realizadas a medida para la empresa el *cloud* no constituye una solución adecuada para la empresa”. (Urueña, Ferrari, Blanco, & Valdecasa, 2012)

Pregunta 10 ¿Están el hardware y el sistema operativo hechos a medida para la organización?

Se persigue identificar que capa de la tecnología está estandarizada y que pueda ser considerada como una potencial candidata para su empleo en una solución *cloud*.

2.3.2. Fase 2: valoración del mercado

Con los requisitos técnicos y funcionales de la futura migración, será necesario identificar cuál forma de implementación se ajusta mejor a dichos requerimientos. Para ello, se habrán de evaluar una serie de factores externos a la empresa y característicos del mercado, esta elección afectará la elección de la forma de implementación idónea para la empresa, así como la elección del proveedor de servicios en la nube.

El primer paso es hacer una topología de las soluciones de *cloud*, donde se tiene una visión global de las distintas soluciones que se pueden usar en la empresa para la migración, el segundo paso es definir los procesos cubiertos por las soluciones en la nube, son todas las funciones y procesos que se pueden migrar de inmediato a la nube y los que no, por ejemplo, servicios maduros como el correo electrónico, CRM y ERP están listos para ser migrados y las aplicaciones de terceros que no permitan una estrategia de licenciamiento en *cloud* o virtualizada los cuales no pueden ser migrados en el momento.

Por último, se debe hacer una previsión de crecimiento del mercado de *cloud computing*, para tener una noción del tiempo de evolución de la capacidad y las funcionalidades asociadas a dicho producto. Además, se puede tener en cuenta otros parámetros como el nivel calidad de la solución, infraestructuras asociadas a cada solución, satisfacción con el proveedor, etc.

2.3.3. Fase 3: recomendaciones

En esta fase se toman los requisitos propios de los procesos a migrar a la nube definidos en la primera fase con las funcionalidades existentes en el mercado de la segunda fase, evaluando las distintas soluciones y se elabora las recomendaciones que servirán como base para la definición de la hoja de ruta de la migración a la tecnología *cloud computing*. Otros

parámetros por considerar son: seguridad y privacidad, ventajas frente a retos y retorno económico y productivo.

2.3.4. Fase 4: definición de la hoja de ruta

Con la información de las fases anteriores, se puede realizar una hoja de ruta o plan de acción para la migración. En primer lugar, se enumeran todas las acciones a acometer para llevar a cabo la completa implementación de la solución *cloud*.

Posteriormente se agrupan estas acciones en una serie de proyectos a realizar, se interrelacionan entre sí, y se detalla cada uno de ellos. El detalle de estos debe tener:

- El objetivo de cada uno de los proyectos.
- La prioridad de los proyectos.
- Dependencias respecto a otras acciones a acometer.
- La necesidad de recursos que va a implicar su realización.
- Los procesos y sistemas de la empresa que se van a ver afectados por el proyecto.
- Las principales actividades para acometer durante el proyecto.
- La métrica establecida para su control y seguimiento.

2.4. Métodos de migración a la nube

En esta sección se resumen varias propuestas de migración a la nube, con el fin de formar un mejor criterio para la toma de decisiones en cuanto al plan propuesto. A continuación, se describe cada una de las propuestas y sus etapas.

En el libro “*Cloud Computing: Principles and Paradigms*”, Mohan (2011), plantea un procedimiento iterativo de 7 pasos para migrar una infraestructura a la nube. El autor afirma que este procedimiento se ajusta a la necesidad de cualquier migración, además enfatiza en las iteraciones como procesos de mejora y la migración se considera exitosa hasta después

de varias iteraciones de optimización, en la Figura 2.4 se puede ver un resumen de estos pasos.

Assess	Isolate	Map	Re-Architect	Augment	Test	Optimize
<ul style="list-style-type: none"> • Cloudonomics • Migration Costs • Recurring Costs • Database data segmentation • Database Migration • Functionality migration • NFR Support 	<ul style="list-style-type: none"> • Runtime Environment • Licensing • Libraries • Dependency • Applications • Latencies • Bottlenecks • Performance bottlenecks • Architectural Dependencies 	<ul style="list-style-type: none"> • Messages mapping: marshalling & de-marshalling • Mapping Environments • Mapping libraries & runtime approximations 	<ul style="list-style-type: none"> • Approximate lost functionality using cloud runtime support API • New Usecases • Analysis • Design 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploit additional cloud features • Seek Low-cost augmentations • Autoscaling • Storage • Bandwidth • Security 	<ul style="list-style-type: none"> • Augment Test Cases and Test Automation • Run Proof-of-Concepts • Test Migration strategy • Test new testcases due to cloud augmentation • Test for Production Loads 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimize—rework and iterate • Significantly satisfy cloudonomics of migration • Optimize compliance with standards and governance • Deliver best migration ROI • Develop roadmap for leveraging new cloud features

Figura 2.4 Algunos detalles del modelo iterativo de 7 pasos para migración a la nube.

Fuente: Cloud Computing: Principles and Paradigms, Mohan. T., (2011)

El primer paso es a nivel de evaluación donde se busca pruebas de conceptos o prototipos para varios enfoques de la migración y con parámetros de fijación de precios, se le permite hacer evaluaciones a nivel de costo de la migración, así como sobre el retorno de la inversión que se puede lograr en el caso de la versión de producción.

El segundo paso es aislar las dependencias sistemáticas y ambientales para calcular el nivel de complejidad de la migración, con esta información se puede realizar el tercer paso de mapeo donde se escoge que permanecerá en el centro de datos cautivo local y lo que va a la nube.

En el cuarto paso se valora las partes sustanciales de las aplicaciones empresariales que deben ser reorganizada, rediseñada y re implementada en la nube, Debido a esta migración, es posible que se pierda alguna funcionalidad. En el siguiente paso del proceso, se aprovecha

las características intrínsecas del servicio de computación en la nube para obtener las ventajas que nos ofrece la nube.

En el sexto paso se valida y se aprueba la nueva forma de la aplicación empresarial con un amplio conjunto de pruebas que comprende también probar los componentes de la aplicación empresarial en la nube. Los resultados de estas pruebas pueden ser positivos o mixtos. En este último caso, se itera y optimiza según corresponda. Después de varias iteraciones de optimización, la migración se puede considerar exitosa.

Otra metodología de migración a la nube es propuesta por la empresa Amazon con su plataforma de nube *Amazon Web Services* (AWS), en la cual engloba una gran cantidad de servicios para poder realizar distintos tipos de actividades en la nube. La propuesta de migración es en tres pasos principales, primero evaluación donde se hace una revisión de la situación actual de organización y cómo se prepararía para la migración, en este paso es importante saber el objetivo que desea alcanzar la organización con la migración.

El segundo paso es movilizar, donde el éxito de este paso es conocer la interdependencia entre las aplicaciones a migrar y evaluar la estratégica de migración con respecto los objetivos planteados en el paso uno, se utilizan 7 estrategias de migración: reubicar, reorganizar, volver a formar, refactorizar, recomprar, retirar o retener.

El tercer paso es de migración y modernización, cada aplicación se diseña, migra y valida. Esta forma de migración está diseñada para la migración a AWS, se utilizan herramientas propietarias para el control de la migración. ().

La empresa Cisco también propone una metodología de migración a la nube en un informe técnico donde se recomienda seguir varios pasos para la adopción de la nube en instituciones de educación superior (Cisco):

- Identifique todas las oportunidades y ventajas posibles que conlleva el cambio del esquema de computación existente a servicios en la nube.

- Compruebe que la infraestructura interna complementa los servicios en la nube. El cambio a los servicios en la nube no es una propuesta de todo o nada y algunos servicios en la nube (por ejemplo, los servicios de infraestructura) permitirán al equipo interno de TI utilizar algunas nubes para disponer de capacidad adicional de computación y almacenamiento. La virtualización será un componente fundamental de una infraestructura compatible.
- Desarrolle un marco de evaluación de la relación costo/beneficio y de riesgos para respaldar las decisiones sobre dónde, cuándo y cómo puede adoptar servicios en la nube. Elabore una guía básica para optimizar el entorno actual de TI a fin de adoptar servicios en la nube pública y privada. Identifique los datos, si los hubiere, que no pueden mantenerse en entornos públicos de computación en la nube por razones legales o de seguridad.
- Identifique y obtenga las competencias internas que serán necesarias para adoptar de manera eficaz servicios en la nube.
- Evalúe los problemas técnicos que es imprescindible resolver al mover información o aplicaciones actuales a un entorno en la nube, incluso una nube privada. Experimente y pruebe diversos servicios, tanto internos como externos, para identificar los lugares en los que podrían surgir problemas.
- Compruebe que el entorno de redes está listo para la computación en la nube.

Se menciona que los servicios en la nube en instituciones públicas pueden ofrecer múltiples ventajas, como reducción de costos, flexibilidad, escalabilidad, facilidad de implementación y administración de los recursos, pero existen varios obstáculos que pueden perjudicar la migración, estos no solo a nivel técnico y de costo, la Universidad Carnegie Mellon mencionada en el reporte de cisco, describe de algunos de los desafíos que enfrentarán las

instituciones de educación superior, a la hora de adoptar la computación en la nube a nivel, en la tabla 2.1 se puede ver dichos desafíos.

Seguridad	La confidencialidad de los datos es uno de los principales motivos de preocupación: los usuarios no controlan ni saben dónde se almacenan sus datos.
Interoperabilidad	Aún no se ha definido un conjunto universal de estándares o interfaces, lo que genera un riesgo elevado de dependencia del proveedor.
Control	El nivel de control que el usuario ejerce en el entorno en la nube es sumamente variable.
Rendimiento	Todo acceso a la nube se realiza a través de Internet, lo que introduce latencia en todas las comunicaciones entre el usuario y el entorno.
Seguridad	Muchas infraestructuras existentes en la nube aprovechan el <i>hardware</i> básico que, según se sabe, presenta fallas inesperadas.

Tabla 2.1 Desafíos de la migración a la nube para instituciones de educación superior

Fuente: Elaboración propia

Otro proceso de migración a la nube es el propuesto por (Alkhalil, Sahandi, & John, 2016), identifica una serie de procesos para la migración de servicio de TI a la nube:

- Planificación de la migración: incluye una serie de tareas iniciales, como el estudio de viabilidad y el análisis de los requisitos de migración. Además, incluye decidir qué proveedor se debe elegir, qué subsistemas se deben migrar, qué servicios en la nube se deben usar y, finalmente, el desarrollo de la estrategia de migración.
- Ejecución de la migración: aquí es donde se ejecutan las tareas de migración reales, como la extracción de datos, la recuperación y la adaptación de la arquitectura, así como la modificación y ajuste del código, y la transformación del legado a la nube en los niveles conceptual y concreto.

- Evaluación de la migración: esto ocurre cuando el sistema migrado está listo para su uso y requiere validación. En este proceso, se realizan tareas como la validación de pruebas y la implementación de aplicaciones migradas.
- Preocupaciones transversales: aquí es donde se realizan las tareas que incluyen el gobierno, el análisis de seguridad, la capacitación, la estimación del esfuerzo, el cambio organizacional, la tenencia múltiple y el análisis de elasticidad.

A pesar que no existe un método de migración que sea totalmente fiable, el estudio los métodos anteriores ayuda crear un panorama más amplio de cómo debe ser el plan de migración para los servicios del Decanto y funciona como marco de referencia de buenas prácticas a la hora de realizar una migración de esta índole.

Se puede destacar que las iniciativas de migración se implementan en una serie de pasos o fases, donde el proceso tiene un enfoque estructurado y orientado al proceso. En las fases iniciales es crucial tener conocimiento del negocio y sus servicios, además determinar los objetivos buscados con la de migración y la viabilidad de esta.

En las fases intermedias se una investigación de las necesidades para la migración, en tanto a nivel técnico, social, estrategias de negocio y ambiente, donde el objetivo tener todo lo necesario para exitosa migración del servicio.

En las fases finales esta la creación e implementación de la migración como tal y las pruebas de esta, el éxito de estas depende de lo establecido las fases iniciales como objetivos esperados, además existe una última fase donde se busca mejorar lo obtenido con la migración.

Aunque solo en uno de los métodos de migración estudiados propone fases iterativas, para efectos de este trabajo esta característica se tomará en cuenta, ya que casi todos los métodos estudiados están dirigidos a migraciones empresariales y no a nivel académico, por ende, a

pesar de lo estudiando no se sabe con ciencia cierta qué obstáculos se puede presentar, y la iteración es un método gradual de mejorar la migración.

Se tomó en cuenta todos los pasos presentados por cada método y se escogió los que se ajustan al entorno académico en que se desarrolla este proyecto, con el fin de obtener resultados que pueden variar desde la eficacia en los servicios, reducción de los costos, aprovechamiento de recursos, mayor acceso a los mismos, mejora en los tiempos de administración, entre otros.

Capítulo 3: Metodología

En este capítulo se define la metodología empleada para cumplir con los objetivos del trabajo, la cual consistió en desarrollar varias fases, como se observa en la Figura 3.1. La primera es la de análisis del negocio y de los servicios de TI a migrar, donde se analiza el entorno de los servicios y los obstáculos.

La segunda fase, es de planeación e implementación del plan de migración sobre los servicios propuestos en la primera fase. En esta etapa se realizó la elección de las variables relevantes, metas esperadas con la migración y la escogencia de casos de estudio para las pruebas de la migración.

En la tercera fase se evalúa la migración, se analizan la mejoría o solución de los obstáculos definidos en la primera fase, un análisis cualitativo en el tema de costos y una valoración de la experiencia de usuario. Por último, en la cuarta fase basada en la evaluación de la migración se propone correcciones al plan de migración para mejorarlo.

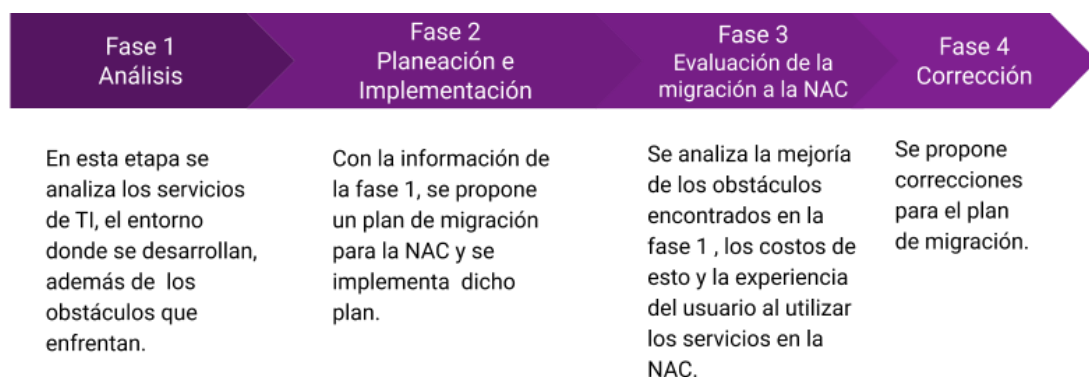


Figura 3.1 Pasos de la metodología para cumplir con los objetivos de la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.1. Fase 1: análisis de los servicios a migrar

Para llevar a cabo este proyecto, fue necesario hacer un estudio de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería y del ambiente donde se desarrollan, con el fin de reunir el conocimiento necesario para determinar cuáles servicios tienen la mayor posibilidad de migración a la nube, además de definir los obstáculos que enfrenta y que pueden ser mejorados con la migración a la nube. El estudio será utilizado para el plan de migración en la siguiente etapa.

Para efectuar el análisis del ambiente en el cual se desarrollan los servicios y obtener la información necesaria para la toma de decisiones en la migración. Se dividió en tres puntos bases con el fin de tomar en cuenta todos los aspectos que envuelven los servicios, estas tres aristas son: infraestructura, *software* y gestión.

3.1.1. Análisis de la Infraestructura del Decanato de Ingeniería

En esta sección se realizó un estudio de los elementos físicos del Decanato, que son necesarios para brindar los servicios que se desean migrar, además se realiza el cálculo del costo de estos elementos tomado en cuenta el valor de los activos y su depreciación, con el fin de compararlos. Se realizó una investigación de las necesidades de aseguramiento de estos elementos y los obstáculos, para poder buscar entre las ventajas ofrecida por la NAC alguna solución.

3.1.2. Análisis del *software* del Decanato de Ingeniería

Se realizó un estudio de las aplicaciones y sistemas operativos, relevantes para los servicios a migrar, además se realizó un estudio del costo del uso de las licencias actuales por año, de las necesidades de aseguramiento del *software* y los obstáculos con el fin de buscar ventajas que ofrece la NAC.

3.1.3. Análisis de la gestión de servicios del Decanato de Ingeniería

Se toma en cuenta los procedimientos administrativos necesarios para ejecución y mantenimiento de cada servicio que desea migrar; se realizó un estudio del costo de estos procedimientos por año y se investigó los principales obstáculos que se desea mejora con la migración a la nube.

3.1.4. Análisis de los servicios a migrar y ejecución de modelo de selección

Se realizó un estudio de cada servicio candidato a migrar a la nube y se le aplico el árbol de decisión propuesto por Urueña, et al. (2012), con el cual se analizó la viabilidad de la migración, para más información ver el anexo 8.1. De este estudio se validaron cuatro servicios para la migración, los cuales son: préstamo de una aplicación con licencia privada, préstamo de equipo de cómputo para trabajos y tareas, préstamo de laboratorio de cómputo del Decanato de Ingeniería y préstamo de servidores de TI.

Para cada servicio se analizaron los siguientes aspectos: políticas del servicio, procedimientos del servicio, actores involucrados, con el objetivo de tener la información clave para el proceso de migración, además se identificaron los principales obstáculos que se esperan mejorar con la migración a la nube.

3.2. Fase 2: creación e implementación del plan migración

Esta fase tiene como objetivo crear e implementar un plan de migración a la nube para los servicios de TI del Decanato de Ingeniería, utilizando la información de la primera fase, además se buscaba que este plan funcione no solo para la migración de los servicios del Decanato, sino que incluyera a otras Unidades Académicas. Por esta razón se buscó que este fuera sencillo de entender y adaptable para varios tipos de servicio.

3.2.1. Creación del plan de migración

El plan de migración a la NAC se basó, principalmente de la propuesta descrita por Mohan (2011) en el libro *“Cloud Computing: Principles and Paradigms”*, la escogencia de este método se basó, en que está diseñado para adaptarse a cualquier migración y sus etapas están mejor detalladas que en otras propuestas.

Se creó un plan por etapas e iterativo con el fin de hacer una migración progresiva, y se reestructuraron las siete etapas del plan original de Mohan (2011) a cinco etapas, con el fin de hacer un plan más sencillo y corto, fusionando las etapas dos y tres en una única etapa llamada “Definición y evaluación de las dependencias” la cual tiene como objetivo definir las dependencias de los servicios y se mapea cuáles de estas se trasladan a la nube. También se fusionaron las etapas cuatro y cinco del plan original en una sola llamada “Replanteamiento

Etapas	Etapas del Plan de migración del Decanato	Etapas del plan de migración del libro “Cloud Computing: Principles and Paradigms”	Etapas
01	Valoración de la migración	<ul style="list-style-type: none"> Conduct Cloud Migration Assessments 	1
02	Definición y evaluación de las dependencias	<ul style="list-style-type: none"> Isolate the Dependencies Map the Messaging & Environment 	2,3
03	Replanteamiento del servicio	<ul style="list-style-type: none"> Re-architect & Implement the lost Functionalities Leverage Cloud Functionalities & Features 	4,5
04	Pruebas de la Migración	<ul style="list-style-type: none"> Test the Migration 	6
05	Optimizar	<ul style="list-style-type: none"> Iterate and Optimize 	7

Figura 3.2 Restructuración del plan de migración de 7 pasos
Fuente: Elaboración propia

del servicio” donde se rediseña los servicios a la nube con el fin de sacar el mayor provecho de las ventajas de la NAC ofrece. En la Figura 3.2 se puede observar esta fusión.

Los tres restantes métodos analizados fueron, “*A Review of the Current Level of Support to Aid Decisions for Migrating to Cloud Computing*” de los autores Alkhalil, Sahandi & John (2016) y los métodos propuestos por las empresas Amazon y la migración a su plataforma *Amazon Web Services (AWS)* y Cisco con una propuesta de pasos para una migración a la nube. De estos se tomaron las características propuestas y se ajustaron a las distintas etapas ya planteadas en el modelo de migración del Decanato, esto con el fin crear un modelo más robusto, además en la propuesta por Amazon se consideraron las siete estrategias de migración para la etapa de replanteamiento de servicio, las cuales brindan un marco de referencia de cómo ejecutar esta etapa.

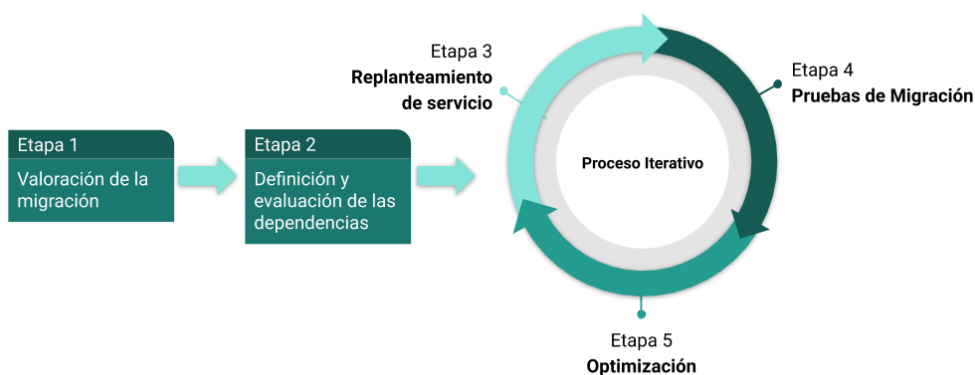


Figura 3.3 Proceso del Plan de migración a la NAC

Fuente: Elaboración propia

Como resultado final se obtuvo el siguiente plan piloto de migración a la NAC. En la Figura 3.3 se puede observar el plan con cinco etapas, de las cuales las dos primeras se realizan solo

Una vez y las tres últimas son iterativas, con el fin de tener una migración progresiva y con cada una se busca mejorar los problemas encontrados en la iteración anterior.

En la etapa de Planificación de la migración el objetivo es valorar la viabilidad de la migración y los requisitos de esta, cuáles son los objetivos buscados con dicha migración y si éstos se pueden alcanzar, con ayuda de información obtenida en el análisis de los servicios realizar un estudio de varios factores que se mencionan a continuación:

- Determinar el objetivo principal de la migración del servicio, la finalidad es tener una meta general de la migración.
- Determinar las fortalezas y oportunidades de mejora que se desea obtener con la migración, estas se obtienen de las ventajas que ofrece la plataforma de nube como: flexibilidad, reducción de costos, disponibilidad, escalabilidad entre otros.
- Determinar las desventajas se pueden asumir, con respecto al objetivo principal.
- Se debe tomar en cuenta la organización, en cuanto a políticas, procedimientos de los servicios, ayuda a asegurarse que se cumpla no solo con los requerimientos técnicos, sino que los nuevos servicios migrados se ajusten a las políticas de la organización.

En la etapa de Definición y evaluación de las dependencias se considera los componentes que ayudan a brindar los servicios, a éstos se les llamará dependencias ya que, para poder brindar dichos servicios, dependen de la ayuda de estos componentes, estos pueden ser sistemas, datos, servidores entre otros.

En el caso de la migración de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería se tomó en cuenta el estudio del ambiente en que se desarrollaban los servicios en tres puntos importantes infraestructura actual, el *software* y gestión, para considerar los subsistemas necesarios para la migración de los servicios.

El objetivo de la etapa de definición y evaluación de las dependencias es planear el ambiente propicio para migración del servicio, aislar las dependencias nos permite conocer las

necesidades de los servicios y si se puede satisfacer estas necesidades en la nube; se procede a generar las construcciones de mapeo entre lo que posiblemente permanecerá en el centro de datos cautivo local y lo que va a la nube.

En la migración de un servicio, la etapa definición y evaluación de las dependencias se puede fusionar con la etapa de evaluación de servicio, en la literatura la mayoría de metodologías de migración no contempla esta fusión, sino realiza el estudio de las dependencias en la primera etapa. El caso de la migración de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería de Ingeniería se contempla esta ya que casi todos los servicios comparten las mismas dependencias, las cuales son fundamentales para migración, y por ende se decidió dejar una etapa exclusiva para ellas, además de facilitar el re arquitectura de todos los servicios.

En la etapa de replanteamiento de los servicios se hace el plan de transformación de las dependencia y servicio de la forma tradicional a la nube, en esta se puede utilizar las cinco estrategias de migración *rehost*, *replatform*, *refactor*, *repurchase*, *retire* o *retain*. Ver Figura 3.4

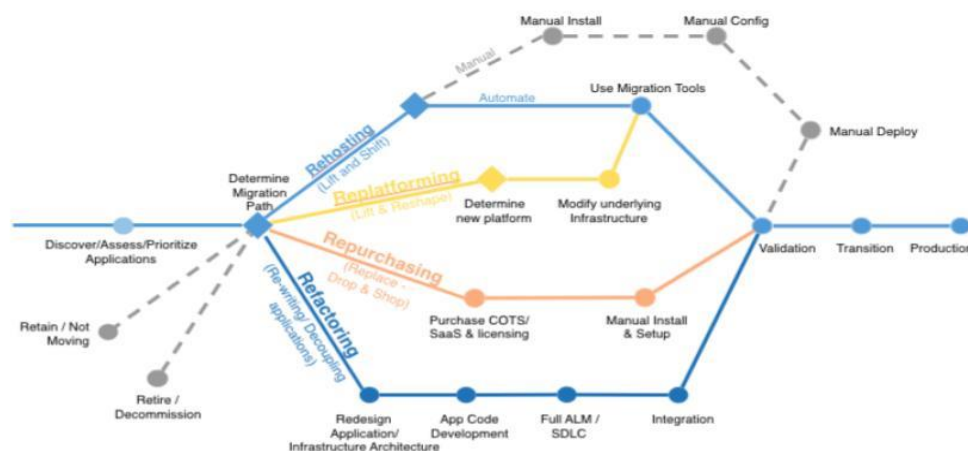


Figura 3.4 Estrategias de migración más comunes

Fuente: Orban (2016)

- *Rehosting*: se refiere al alojamiento en la nube. En caso de solo alojar algún elemento en la nube, ya se obtienen ganancias, además, ya estando en la nube son más fáciles de optimizar. Esto se debe a que la empresa ha desarrollado mejores habilidades para hacerlo y también por parte importante como las aplicaciones, los datos y el tráfico, ya se han migrado.
- *Replatforming*: con esta estrategia se busca beneficios tangibles sin cambiar la arquitectura central de la aplicación, se puede migrar solo parte de esta para mejor aspecto como reducción de tiempo de gestión y ahorro en licencias.
- *Repurchase*: se refiere a un cambio de proveedor de plataforma.
- *Refactoring*: es re imaginar el diseño del servicio en la nube, esto se realiza por una necesidad de agregar características, escala o rendimiento que de otro modo serían imposible en estado actual.
- *Retire o Retain*: evaluar qué cosas se pueden eliminar del todo ya no es útil y cosas no tiene sentido migrar en el momento ya no cumple con los objetivos planteados en la etapa de evaluación o no es el momento de la migración.

Hay que tomar en cuenta en esta etapa las capacidades de la NAC, este nos ayuda a tomar mejores decisiones en el plan de migración de cada servicio y sus dependencias. En este momento se puede explorar características adicionales no contempladas en la etapa de evaluación, que se pueden obtener con la migración, esto con el fin de potenciar el máximo las ventajas que da la nube.

En la etapa de pruebas de la migración, se busca hacer pruebas de lo propuesto en la etapa anterior, se prueba la nueva arquitectura tomando en cuenta funcionalidades perdidas de las mismas y por último se puede identificar las funcionalidades nuevas que da la nube no contemplada en la etapa de evaluación.

Se decidió utilizar de pruebas funcionales de caja negra, por medio de casos de pruebas, primero para las dependencias migradas a la NAC, con el fin de comprobar el funcionamiento del entorno, se debe partir de la base de que migrar a la nube no hace un servicio estable, sino que es necesario hacer pruebas que aseguren que el sistema funcionará correctamente en el nuevo entorno (Toledo, 2014).

Después de probar las dependencias y el entorno, se procedió a realizar casos de pruebas para los servicios, los casos de prueba están compuesto por un conjunto de pasos que tiene resultados esperados para determinar si se cumple satisfactoriamente todo o una parte de la migración. Se pueden hacer varios casos de prueba en una sola iteración (Toledo, 2014). Además, se realizó una evaluación de experiencia de usuario, utilizando el cuestionario UEQ, el cuestionario se puede ver en anexo 8.2. (Laugwitz, Held, & Schrepp, 2008).

En esta etapa final de optimización se valora los resultados de las pruebas de migración, con el objetivo es tomar cada prueba realizada y estudiar el cumplimiento de las metas propuestas, en el caso de no ser así se debe buscar los cambios necesarios, hacer una iteración más de la etapa de pruebas y optimización hasta que se cumplan las metas propuestas.

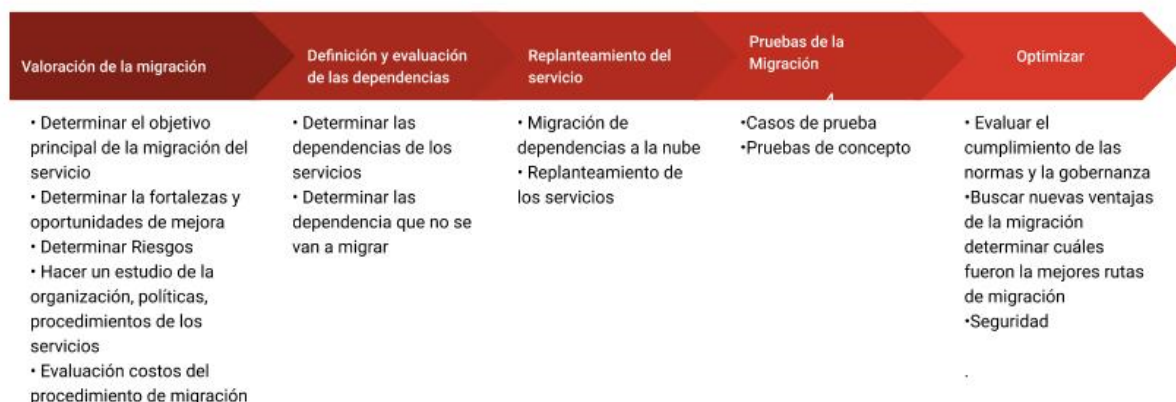


Figura 3.5 Resumen del plan piloto de migración del Decanato de Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

En esta etapa se puede buscar nuevas ventajas de la migración, realizar análisis de otros factores como cumplimiento de las normas y la gobernanza de cada servicio, determinar cuáles fueron las mejores rutas de migración, análisis de seguridad y estimación de esfuerzos, así como todo lo que se considere importante para mejorar la próxima iteración u otro el proceso de migración de otro servicio, en la Figura 3.5 se presenta un resumen de los principales componentes para cada etapa.

3.2.2. Implementación de plan de migración

Para la implementación del plan de migración, se toma los servicios y obstáculos definidos en la fase de análisis, luego se realiza el plan de migración propuesto. Para la implementación del plan solo se realizará una iteración en sus últimas tres etapas con el fin de probar el funcionamiento del plan y la migración de los servicios.

3.3. Fase 3: Evaluación de la migración a la NAC

En esta fase se procede a evaluar la migración en cuatro aspectos, el primer aspecto que se evaluó son los obstáculos actuales que se buscaron mejorar con la migración; se tomaron en cuenta los obstáculos definidos de la etapa uno. Primero se realiza un análisis de los obstáculos y se determina con la migración, si estos fueron solucionados, mejorados o ninguna de las anteriores, el criterio que determina que el obstáculo fue solucionado con la migración, si solo si, el obstáculo es eliminado y la mejoría es cuando el obstáculo está presente, pero tuvo una diferencia positiva con respecto a lo actual, esta mejora se puede medir con las variables de medición de la tabla 3.1

Variables de medición

Tiempo de duración en la gestión de los servicios

Tiempo de duración en el mantenimiento de los servicios

Disponibilidad: cantidad de horas disponibles de un servicio o horas efectivas

Accesibilidad de los recursos computacionales y servicios a nivel geográfico

Tabla 3.1 Variables de medición para los servicios de TI

Fuente: Elaboración Propia

El segundo aspecto que se evaluó son las mejoras encontradas en la etapa de optimización del plan de migración, donde se analizó cada aspecto a mejorar y se determinó la causa de esta y su solución.

El tercer aspecto es el de costos, se analiza si con las soluciones o mejoras de los servicios en la nube, se tiene alguna ventaja económica, además realiza una comparación cualitativa del costo de un servicio en la nube y uno en la arquitectura actual, con el fin verificar si el uso de la nube tiene una diferencia en costos con respecto a la actual.

El último aspecto que se evaluó, fue la experiencia de los usuarios utilizando los servicios migrados, esta evaluación se realiza por medio de un cuestionario estandarizado de UEQ (UEQ Team, n.d.), el cual cuenta con 26 ítems a evaluar, con puntuaciones entre 1 y 7, además se les pidió a los usuarios describir el sistema con cinco palabras.

Para los resultados se utiliza la herramienta en Excel que ofrece cuestionario estandarizado de UEQ, la cual toma los resultados de los cuestionarios y evalúa la experiencia de los usuarios en seis categorías: atractivo, transparencia, eficiencia, controlabilidad, estímulo y novedad.

3.4. Fase 4: Correcciones

Con respecto a la experiencia en la implementación del plan de migración y los resultados obtenidos, se realiza una corrección al plan de migración en el caso de ser necesario, con el fin de crear un plan que sirva para futuras Unidades Académicas y/o Facultades que tengan servicios similares.

Capítulo 4: Diagnóstico de los servicios de TI de la Facultad de Ingeniería

Este capítulo sintetiza el estado actual de los servicios de TI que brinda el Decanato de Ingeniería, sus procedimientos, políticas y costos. Para tener una mejor comprensión de lo que implica dar estos servicios, en este capítulo primero se describe el entorno donde se desarrollan. Este se va a dividir en tres aristas importantes, las cuales son infraestructura, *software* y gestión, con el fin de comprender los recursos, necesidades y problemáticas de la forma actual de trabajo.

4.1. Infraestructura General de TI del Decanato de Ingeniería

El Decanato de Ingeniería cuenta con una infraestructura física de la cual dependen los servicios de TI, esta tiene varios elementos como, por ejemplo, servidores de licencias, laboratorios de cómputo, aplicaciones de reserva, servidor de monitoreo entre otros. Para este trabajo se escogieron solo elementos relevantes para la migración a la NAC.

Estos se pueden agrupar por tipo que son laboratorios y servidores o por propósito en componentes de Acceso, Control, Administración, Aplicaciones y Préstamo.

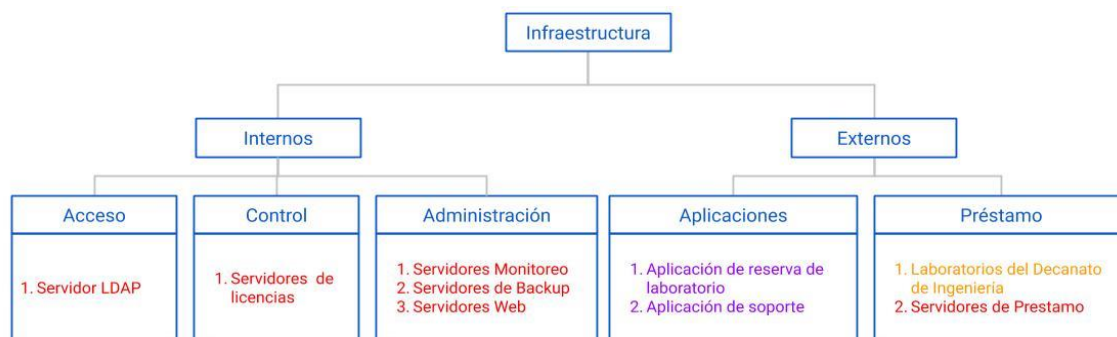


Figura 4.1 Clasificación de los componentes de la infraestructura de TI

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1 se puede observar la división por componentes y los elementos de cada uno, a continuación, se describe la clasificación por componente para tener una mejor comprensión de cómo se relacionan los componentes y sus elementos.

Los componentes están divididos en dos tipos internos y externos. Los externos son los que usuarios finales tienen acceso directo, como las aplicaciones web y los laboratorios físicos de cómputo. Por otro lado, los internos son todos los que no tienen relación directa con el usuario final, pero son vitales para gestión de los servicios de TI, como por ejemplo los servidores de licenciamiento. Estos se agrupan en:

- Componentes para acceso o autenticación: son los que permiten verificar y dar acceso a un usuario a los distintos servicios de TI, como por ejemplo el servidor de LDAP interno del Decanato de Ingeniería.
- Componentes de control de licencias: son los encargados de administrar el préstamo de licencias de *software*, en este grupo están los diferentes servidores de licencias.
- Componentes administrativos: son los que ayudan a administrar y/o controlar los demás componentes, en este grupo están: servidor de Monitoreo y servidor de Web.
- Aplicaciones de servicio: son aplicaciones computacionales donde el usuario final tiene acceso y ayuda a brindar los servicios de IT, en este grupo están: el Sistema de reservas, donde los usuarios crean las reservas de los laboratorios y el Sistema de soporte para el reporte de problemas al departamento de TI del Decanato de Ingeniería.
- Componentes de préstamo: es el espacio físico con equipos de cómputo donde se presta servicios con dicho equipo y servidores de préstamo son espacios en un servidor físico que se presta para brindar algún servicio.

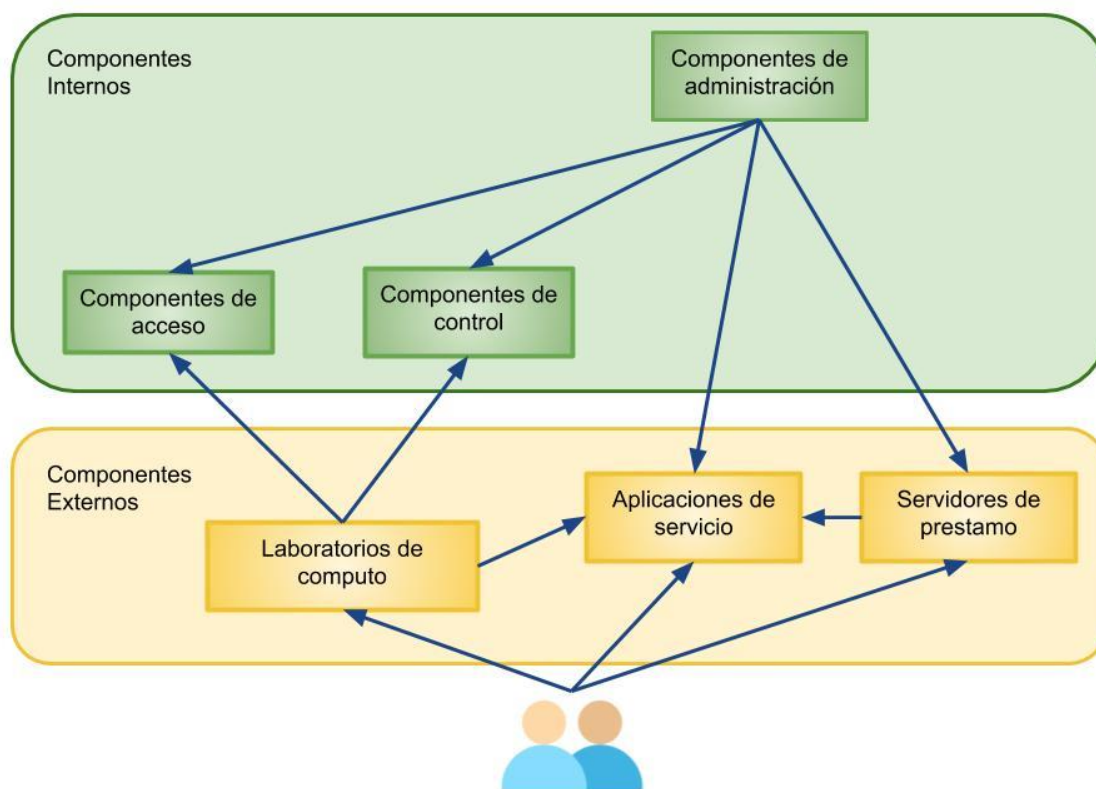


Figura 4.2 Relación de los componentes de la infraestructura de TI del Decanato de Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.2 se muestra la relación entre los componentes, donde los componentes para acceso permiten el ingreso a los laboratorios por medio del LDAP interno del Decanato de Ingeniería, los laboratorios están relacionados con los componentes de control para el préstamo de las licencias instaladas en ellos y por medio de los componentes de aplicaciones de servicio, los usuarios pueden reservar o reportar un problema en los laboratorios.

En el caso de los servidores de préstamo se utilizan los componentes administrativos para el monitoreo de los recursos de los servidores físicos y respaldo de estos, los componentes de aplicaciones de servicio se usan para solicitar servicios o reportar problemas.

4.1.1. Elementos de la Infraestructura

A continuación, se dará una explicación más detallada de los elementos más importantes para la migración, usando la clasificación descrita previamente.

Laboratorios de Cómputo de la Facultad de Ingeniería

En esta sección se describe no solo los laboratorios del Decanato de Ingeniería, sino que también se incluyen los laboratorios de toda la Facultad con el fin tener un panorama más amplio del alcance que puede tener la migración a la NAC un servicio como el que se brinda en los laboratorios de cómputo.

La Facultad de Ingeniería tiene varios laboratorios de cómputo, cada Unidad Académica cuenta con uno o más para uso exclusivo de la Escuela. El Decanato de Ingeniería tiene dos laboratorios de cómputo, diseñados con el fin de impartir clases, cada uno con 35 máquinas para estudiantes y una para el profesor.

Además, el Decanato de Ingeniería tiene un tercer laboratorio de cómputo exclusivo para préstamo de máquinas individuales a estudiantes y docentes, para el desarrollo de tareas o trabajos con objetivo académico, la misma cuenta con 24 máquinas para préstamo y una para un asistente encargado del préstamo de las máquinas y cuidado del laboratorio.

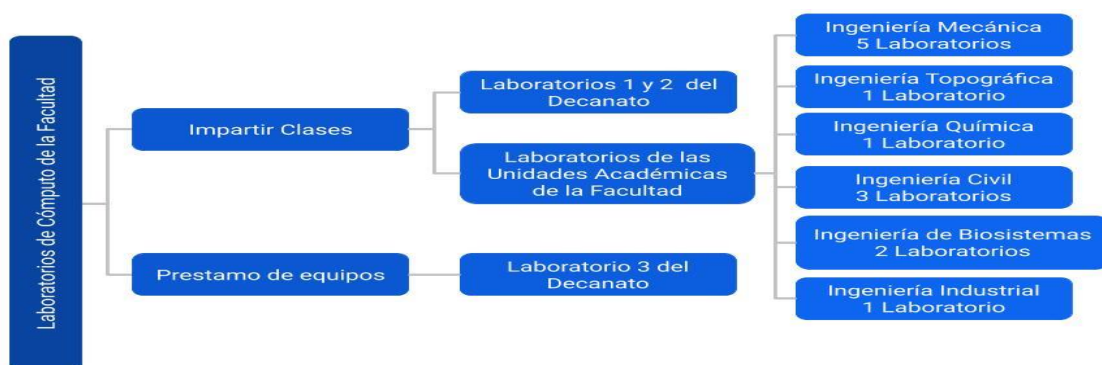


Figura 4.3 División de los laboratorios de cómputo de la Facultad de Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

En total hay 16 laboratorios de cómputo en la Facultad, de los cuales solo 10 tienen el equipo que cumplen con el *hardware* para dar clase, esto es solo un 62,5% del total, el restante 37.5% no cuenta con las condiciones para impartir clases, en el anexo 8.3 se puede ver detallada esta información.

El *hardware* de los laboratorios se clasifica por modelo y año de adquisición, se considera que un equipo es mejor según el año de ingreso y por sus características de *hardware*. A continuación, en la tabla 4.1 presentan los equipos actuales con los que cuenta la Facultad de Ingeniería y sus características.

Modelo	Año	Procesador	Memoria RAM	HD
HP ProDesk 600 G3 SFF	2017,2018	Intel Core i5-7500 CPU, 3,4 GHz	16GB	1TB
HP ProDesk 600 G2 SFF	2016	Intel Core i5-6600 CPU, 3 GHz	16GB	1TB
Dell OptiPlex 9020	2015	Intel Core i5-4590 CPU, 3,3 GHz	8GB	1TB
Dell OptiPlex 7010	2014	Intel Core i5-3470 CPU 3,2 GHz	8GB	1TB

Tabla 4.1 Modelos de equipo de cómputo de los laboratorio de la Facultad de Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la Figura 4.4, en este momento la mayoría de los laboratorios de cómputo están equipados con HP ProDesk 600 G3 SFF, esto se debe a que en el 2018 la Facultad se trasladó a un edificio nuevo donde junto con las instalaciones nuevas se incluyó dicho equipo y también que el 36% son espacios sin equipo, esto quiere decir que existe el espacio físico para una máquina, pero no se cuenta con el *hardware*.

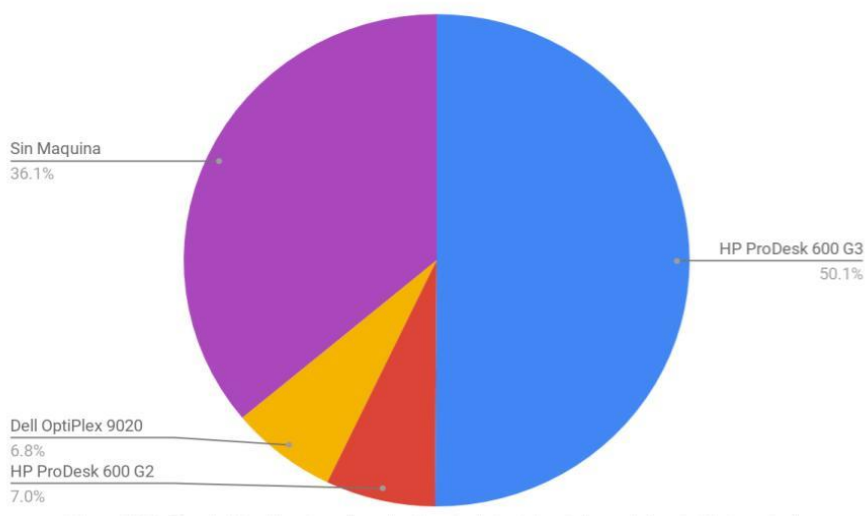


Figura 4.4 Gráfico de distribución de equipos de cómputo de los laboratorios

Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto importante de mencionar es la infraestructura de red, ya que está debe permitir que todos los laboratorios tengan comunicación entre sí, la principal razón es que comparten *software* con servidores de licencias, por ende, tanto los laboratorios de las Unidades Académicas como los del Decanato de Ingeniería están en la misma red.

Aunque la red es la misma para todos los laboratorios de la Facultad, esta se subdividió en subredes lógicas con el fin de hacer diferencia entre las Unidades Académicas, ya que la administración de los laboratorios no la hace el mismo RID.

En la Figura 4.5 se muestra la división lógica de la red de los laboratorios de la Facultad. Está dividida por Unidades Académicas, a cada escuela se le asignó un rango de 124 IPs, donde sólo pueden conectar esa cantidad de máquinas al mismo tiempo a la red de laboratorios. Esta asignación de rango se realizó de forma equitativa aun cuando las Unidades Académicas tienen laboratorios con distintas cantidades de equipos, la razón de

esta decisión fue por orden, pero esta designación en algunos casos no cumple con las necesidades de la escuela.

Se puede ver que la escuela de Ingeniería mecánica tiene menos cantidad de direcciones IP asignadas, esto quiere decir en caso de tener todos los laboratorios físicos ocupados solo 124 de 180 máquinas se podrían conectar, En otro caso contrario la escuela de Ingeniería topográfica solo necesita 36 IP y tiene un total de 124.

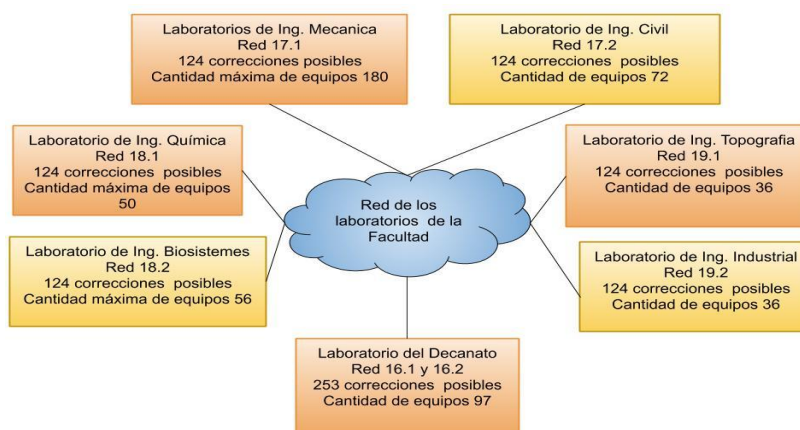


Figura 4.5 Distribución lógica de la red los laboratorios de Ingeniería

Fuente:Elaboración propia

Servidores

Los servidores del Decanato de Ingeniería se alojan físicamente en un cuarto de servidores ubicado en la Facultad de Ingeniería, en la migración de la NAC los servidores más importantes son los servidores de licencias, el servidor de LDAP y los servidores de préstamo.

Servidores de licencias

Un servidor de licencias es un ordenador que comprueba cuántas ejecuciones simultáneas se están produciendo de un programa, y así controla el número de licencias a prestar. El Decanato de Ingeniería tiene 3 equipos físicos para este propósito, dos son computadoras de escritorio y uno que es un equipo de rendimiento intermedio según los estándares definidos

por el Centro de Informática el cual se llama Pacuare, Pacuare está virtualizada así que, una de las Máquinas Virtuales es el servidor de licencia principal, el cual controla el préstamo de licencias de varios programas, para más información se puede ver el anexo 8.5.

La razón de que Pacuare no controle todas las licencias del Decanato de Ingeniería es que algunas licencias están ligadas al *hardware* de la máquina cliente, siendo compleja la migración a Pacuare, otra razón es que el servicio de licencias no soporte la tecnología de virtualización de Pacuare, la última razón es que existe incompatibilidad en alojar dos servidores de licencia en la misma máquina. Estas razones se deben tener muy en cuenta al migrar estos servidores a la NAC.

Otro aspecto importante de la infraestructura de servidores para la migración a la NAC es la red, ya que cada licencia está dirigida a diferentes usuarios, mayoritariamente las licencia está dirigida a toda la Facultad por ende se usa la red de laboratorio, pero hay otra que puede prestar a usuarios de Unidades Académicas fuera de la Facultad de Ingeniería, esta se hace través de la red pública, esto significa que cualquier persona con acceso a internet puede acceder al servidor. Por esta razón Pacuare está conectado a dos redes la pública y la de los laboratorios.

Servidor de LDAP

En el mismo servidor de Pacuare, se tiene una máquina virtual donde está instalado el servidor de LDAP, este tiene una integración de LDAP con Samba y un dominio, donde se puede crear, modificar y eliminar los usuarios de las computadoras de los laboratorios del Decanato de Ingeniería. El objetivo de este servidor es dar acceso controlado a los usuarios de los laboratorios, también se puede tener acceso a carpetas compartidas en el servidor y dar cuotas de espacio de estas.

Servidores de préstamo

Para el préstamo de espacio en servidores, el equipo que se utiliza es un servidor de rendimiento intermedio llamado Telire, el cual también está virtualizado. Con este se pretende dar un servicio básico de tipo SaaS, en el cual las Unidades Académicas solicitan servicios como servidor de FTP, alojamiento de páginas web, entre otros.

4.1.2. Costo de la infraestructura actual

Para el cálculo de los costos de la infraestructura actual se tomaron en cuenta los costos de los activos actualmente instalados en los laboratorios de cómputo, además se calculó el costo aproximado del uso del espacio de los laboratorios y se tomó en cuenta el uso de los servidores, ya que estos son vitales para el funcionamiento de los laboratorios, el detalle de estos cálculos se puede ver en el anexo 8.4. En la tabla 4.2 se muestra un resumen de los costos aproximados.

Descripción de equipo	Costo por año
Una Máquina física con monitor	\$202.75
Infraestructura de un laboratorio para 36 máquinas	\$11,847.06
Infraestructura de un laboratorio de 25 máquinas	\$9,588.93
Cuarto de servidores	\$8,689.47

*Tabla 4.2 Costos de la infraestructura por año
Fuente: Elaboración propia*

4.1.3. Aseguramiento de la Infraestructura

En esta sección se describe la forma actual de asegurar cada tipo de elemento: Laboratorio, servidores y aplicaciones.

Aseguramiento de los Laboratorios de cómputo

Los laboratorios de cómputo tienen varias políticas de seguridad, para el resguardo de los activos.

Primero, los laboratorios sólo los pueden solicitar docentes y administrativos de la UCR, con una reserva previa donde se tiene la información del solicitante y la descripción de la actividad, esta es revisada y aprobada o rechazada por el RID.

Para el ingreso a los laboratorios se cuenta con un sistema de control de préstamo de laboratorio, donde el solicitante se inscribe, y queda un registro del ingreso en el caso de una eventualidad.

Para la prevención de robo del equipo, estos tienen alarmas con sensores de movimiento para las noches, donde el código de desactivación es personalizado, además las computadoras están amarradas al mobiliario con cable de seguridad y candados.

Otro aspecto importante en la seguridad de los laboratorios es la red, ya que los todos los laboratorios se encuentran conectados a misma red VLAN (*virtual local area network*), la cual es una red lógica independiente conectada en la misma red física de la Facultad, esto con el fin separar el tráfico de información de los demás sectores de la Facultad.

Aseguramiento de los servidores

Los servidores también cuentan con políticas de seguridad para el resguardo de los equipos físicos. El acceso a los cuartos de servidores es restringido, solo el RID de la facultad y el jefe administrativo del Decanato de Ingeniería cuentan con llaves de estos cuartos. En los casos de ser necesario el ingreso de una persona externa, esta será acompañada por el RID del Decanato de Ingeniería en todo momento.

Los servidores manejan dos redes VLAN, estas dependen del propósito de cada servicio que brindan, en los casos que es solo para uso de los laboratorios está en la red VLAN de

laboratorios y los casos donde se debe tener acceso desde Internet se conecta a la VLAN pública, la cual todos los usuarios desde Internet tienen acceso a estos servidores.

4.1.4. Obstáculos en la infraestructura actual

A continuación, se presentan los problemas encontrados en la infraestructura actual que podría ser mejorada con la migración a la NAC, estos se dividirán en los obstáculos en los laboratorios y en los servidores.

Obstáculos de los Laboratorios de cómputo

- Desaprovechamiento del espacio de laboratorios de cómputo: como se ve en el Figura 4.4, de la capacidad máxima de los laboratorios de la Facultad solo el 63.9% se utiliza, ya que los demás no tienen equipos de cómputo.
- Inflexibilidad en la cantidad de equipos de los laboratorios de cómputo: los laboratorios de cómputo tienen un número de máquinas fijas, esto quiere decir que no se puede impartir clases a grupos con más personas, o en el caso que de que el grupo sea de menor de la cantidad en el laboratorio, se desaprovecha los equipos sobrantes.
- Inflexibilidad en el *hardware* de los laboratorios de cómputo: las necesidades de *hardware* son muy variadas, cada curso tiene diferentes requerimientos de *software*, haciendo que en algunos casos el equipo existente sea insuficiente y en otros casos tenga más recursos de los requeridos.
- Pocos espacios para préstamo de equipos para tareas: cómo se puede ver en la Figura 4.3, solo el laboratorio de cómputo tres del Decanato de Ingeniería es exclusivo para préstamo a estudiantes para la realización de tareas, esto significa que solo 25 máquinas se pueden prestar a toda la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería.
- Frecuente renovación de equipos cómputo de los laboratorios: el *hardware* de las máquinas debe ser cambiado cada 2 años, ya que la creciente demanda de los sistemas

hace que el hardware quede obsoleto de manera más rápida, por ende, se intenta renovar y mejorar el hardware lo más frecuente posible.

- Subutilización de equipo de respaldo en caso de fallo del *hardware* en los laboratorios: se tienen máquinas de respaldo con el mismo *hardware*, para que en caso de fallo se pueda realizar el reemplazo sin afectar el uso del laboratorio, ya que no se puede disminuir el número de equipo en los laboratorios. Estos equipos están guardados en bodega, en la mayoría de casos por mucho tiempo, sin ser aprovechados.
- Inflexibilidad en la red de los laboratorios: cómo se puede ver en la Figura 4.5, la cantidad de direcciones IP que se asigna son fijas y en algunos casos faltan IPs, además todos los laboratorios están en la misma red.

Obstáculos de los Servidores

- Deficiencias en el alojamiento físico de los servidores: los cuartos de servidores actuales no tienen conectores eléctricos ni de red suficientes para servidores, para la conexión del equipo actual, se tuvo que instalar equipo de red en el cuarto y UPS, como resultado el cuarto está a su tope de equipos.
- Insuficiencia en el *hardware* de los servidores: los servidores Pacuare y Telire son equipos adquiridos recientemente, a pesar de ser nuevos, éstos no se ajustan a lo requerido para satisfacer las demandas de servicios del Decanato de Ingeniería y las Unidades Académicas, para solventar las necesidades las Unidades Académicas se han adquirido servidores físicos, para brindar sus propios servicios.
- Desaprovechamiento de los recursos de *hardware* de los servidores: los servidores tienen distintos propósitos, y consumen los recursos de diferentes maneras, pero los servidores son básicamente iguales a nivel de *hardware*, esto implica que tengamos por ejemplo servidores saturados en espacio de disco duro y otro con espacio libre o con la memoria RAM saturada, mientras otro con sobrante de memoria.

- Actualización de *hardware* de los servidores: se debe tener un monitoreo del crecimiento de las necesidades *hardware*, para mitigar el riesgo de la pérdida de servicios por falta de hardware, además la compra de partes o la adquisición de equipo nuevo se debe hacer con mínimo un año de antelación.

4.2. Software del Decanato de Ingeniería

En esta sección se describe el *software* que se utiliza en el Decanato de Ingeniería, las distintas formas de manejo de las licencias, los costos de estas, además de los obstáculos que se presentan, esto con el fin de dar un panorama del estado actual de dicho *software* en la infraestructura actual del Decanato de Ingeniería.

Se puede dividir el *software* en sistemas operativos y las aplicaciones que se utilizan en los laboratorios de cómputo.

4.2.1. Sistemas Operativos

En el Decanato de Ingeniería se utiliza generalmente sólo dos plataformas de Sistemas Operativos (S.O), los basados en Linux que en su mayor parte se utilizan para servidores de préstamo y los equipos con S.O en Windows, estos son para uso de los usuarios y servidores de licencias, ya que todas las aplicaciones de los laboratorios corren bajo esta plataforma.

En el caso del Decanato de Ingeniería todos los laboratorios de cómputo están corriendo con Windows 10, además de los servidores para licencias en Windows Server 2016. Las licencias las máquinas para laboratorio vienen instaladas con la máquina de fábrica y las de los servidores de licencias se hacen una petición con su debida justificación al Centro de Informática de la Universidad.

4.2.2. Aplicaciones para los laboratorios de cómputo

Las Unidades Académicas de la Facultad de Ingeniería tienen la necesidad de utilizar aplicaciones para cada uno de sus cursos, estos son fundamentales para el desarrollo y para el aprendizaje de los estudiantes, ya que esto les permite crear simulaciones para su trabajo en la vida real, diseñar piezas como en los cursos de Ingeniería Mecánica, en la escuela Computación e Informática donde el uso de *Software* es la herramienta de principal uso.

Otra población que utiliza estas licencias son los docentes e investigadores, para crear sus clases y prácticas para los estudiantes, en el caso de los investigadores los utilizan para sus trabajos.

Licenciamiento que se maneja en el Decanato de Ingeniería

Las aplicaciones del Decanato de Ingeniería tienen dos tipos de licencias, licencias privativas en las cuales el código no es libre, sino que tiene un propietario, el cual puede imponer restricciones de uso, y las aplicaciones de licencia abierta en las cuales el código es libre de uso por parte del usuario.

En la Figura 4.6, se puede ver que la mayoría de aplicaciones en el Decanato de Ingeniería son de licencias abierta, pero además se evidencia que la mayoría de los cursos que se imparten utilizan licencias privadas.

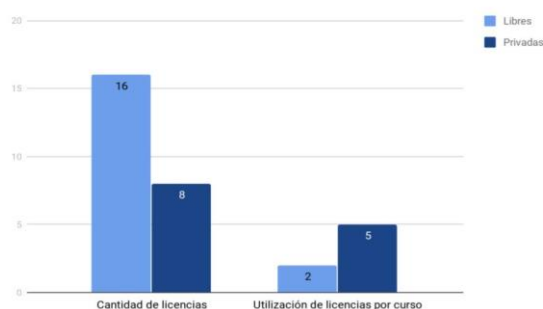


Figura 4.6 Gráfico comparativo de los tipos de licencias del Decanato de Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

Esto quiere decir que la migración de aplicaciones privadas haría que más cursos se pudieran impartir en la NAC, que si se migran las aplicaciones abiertas.

Para las licencias privadas existen diferentes tipos, ya que las restricciones para cada aplicación varían dependiendo del contrato de uso, a continuación, se dará una explicación de los tipos que hay en el Decanato de Ingeniería:

Restricción por cantidad de licencias

- Licencias de campus: estas licencias las pueden usar todos los usuarios de la Universidad de Costa Rica, esto quiere decir que cualquier miembro de la Universidad tiene derecho a una licencia e instalarla en su equipo físico personal o activo universitario.
- Licencias para préstamo: estas tienen una cantidad limitada de licencias que son exclusivas para ser instaladas en las máquinas de los estudiantes.
- Licencias limitadas concurrentes: poseen una cantidad limitada de licencias que se puede utilizar a la vez, es decir se instala en cualquier equipo, este se conecta a un servidor de licencia, el cual controla que la cantidad de ejecuciones la aplicación no sobrepase al número de licencias.

Restricción por tipo de uso

- Licencias de investigación: estas son exclusivas para investigación, o para creación y presentación de trabajos de graduación, tienen menos restricciones que las licencias de estudiantes.
- Licencias de estudiante: estas son licencias diseñadas para nivel educacional no profesional, por esto tienen restricciones de uso.

Entonces, los tipos de licencia pueden tener una restricción de cantidad y por tipo de uso, por ejemplo, la aplicación COMSOL tiene 1 licencia concurrente de investigación y 30 licencias concurrentes para estudiantes. Para la migración a la NAC se determinó que de las 8 licencias

privadas del Decanato de Ingeniería 6 no tiene restricción en su licencia para ser usada en la nube y las otras 3 no se tiene conocimiento de contrato de licenciamiento.

4.2.3. Costos del *software* del Decanato de Ingeniería

En la Tabla 4.3 se muestra el valor de la amortización de las principales licencias, el método de cálculo de dichos costos se explica en el anexo 8.6.

Costos directos de los activos	
Aplicación	Amortización por año
Matlab	Sin información
Paquete de AutoCAD	Sin información
ArcGIS	Sin información
Aplicación	Amortización por año y una sola licencia
SolidWorks (600)	\$10
Unisim	Gratis en uso académico
ANSYS (25)	\$200
AspenONE(150)	\$13.33
COMSOL (30)	Sin información
Windows Server	Sin información
Windows 10	Sin información

Tabla 4.3 Costos de amortización de las principales licencias de la Facultad

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Aseguramiento del *software* actual

Generalmente, al hablar de aseguramiento del *Software* en los equipos del Decanato de Ingeniería, se hace referencia al mantenimiento de sus funcionalidades y a la debida utilización de estos.

Restricción de los Sistemas Operativos de los laboratorios de cómputo: Para el mantenimiento de los sistemas operativos en los laboratorios, se crea una configuración que restringe al usuario a ciertas funcionalidades del S.O., para que el usuario no pueda realizar instalaciones no autorizadas, modificar el panel de control del sistema y la configuración de red, de manera que se pueda asegurar la funcionalidad y seguridad del S.O.

Actualización de los Sistemas Operativos y uso del antivirus: Entre las políticas de mantenimiento que se realizan periódicamente están las actualizaciones del sistema operativo y la revisión del antivirus institucional, esto con el fin reducir las vulnerabilidades de los S.O.

Actualización de las versiones de las aplicaciones: Cada año se realiza la actualización a la última versión disponible de las aplicaciones, el objetivo es aprovechar todo el potencial de la aplicación.

4.2.5. Obstáculos del *software* de actual

A continuación, se presentan los problemas encontrados en el uso del *software* actual que podría ser mejorado con la migración a la NAC, estos se dividirán en los obstáculos del S.O. y los de las aplicaciones.

Obstáculos en los sistemas operativos

- Inflexibilidad en uso de diferentes plataformas de S.O.: las máquinas de los laboratorios de cómputo tienen el mismo y único S.O.

Obstáculos en las aplicaciones

- Limitación de uso de las aplicaciones fuera del campus universitario: las aplicaciones se instalan en el *hardware* personal de los usuarios, puede ser que el contrato de licenciamiento no lo permita o el *hardware* no cumpla con los mínimos requerimientos de la aplicación, esto provoca que no se aproveche el uso de la licencia.
- Subutilización de las aplicaciones por restricciones de los laboratorios de cómputo: los laboratorios tienen restricciones de préstamo que están sujetos a varios factores, por ejemplo, el horario del edificio, la disponibilidad del laboratorio y disponibilidad del responsable del laboratorio, esto hace que no se pueda prestar la aplicación, además que solo se pueden usar en el edificio de la Facultad de Ingeniería, por lo cual los usuarios se deben trasladar hasta los laboratorios para el préstamo.

4.3. Gestión

Esta sección describe los procedimientos que utiliza el departamento de TI del Decanato de Ingeniería para el mantenimiento y administración de los laboratorios y servidores, esto con el fin dar una mejor comprensión de la gestión actual, para ser comparada con los procedimientos en la NAC.

4.3.1. Laboratorios de cómputo

Usuarios y acceso a los laboratorios

En los laboratorios de cómputo del Decanato de Ingeniería existen dos tipos de usuarios: el administrador, usuario que utiliza el RID para brindar el mantenimiento a las máquinas y los usuarios restringidos, que son los que utilizan los docentes y estudiantes, para el ingreso a los equipos.

Para el ingreso a las máquinas de los laboratorios se cuenta con un servidor de LDAP con Samba, con el objetivo de manejar los usuarios de manera centralizada y que puedan tener acceso a carpetas compartidas en el servidor para resguardo de información reutilizable en el curso. Este servidor solo está a disposición en la red interna de los laboratorios de la Facultad.

Los usuarios se crean por Unidad Académica esto con el fin de no crear demasiados usuarios, pero en los casos donde lo amerite, se crea un usuario por grupo.

Instalación de los laboratorios

Una instalación completa de un laboratorio se realiza una o dos veces por año, esto debido a que periódicamente salen versiones nuevas de un buen porcentaje de las aplicaciones. Por la gran cantidad de equipos a instalar, la tarea se realiza por medio de clonaciones de las máquinas, donde una clonación es hacer una copia de un disco duro de una máquina principal, esta se llamada imagen de origen y esta imagen de origen se copia al disco duro de las otras máquinas a clonar por medio de red.

En la Figura 4.7, se puede ver el proceso cronológico de la instalación de un laboratorio con 36 equipos, con sus tiempos aproximados de ejecución de cada etapa.

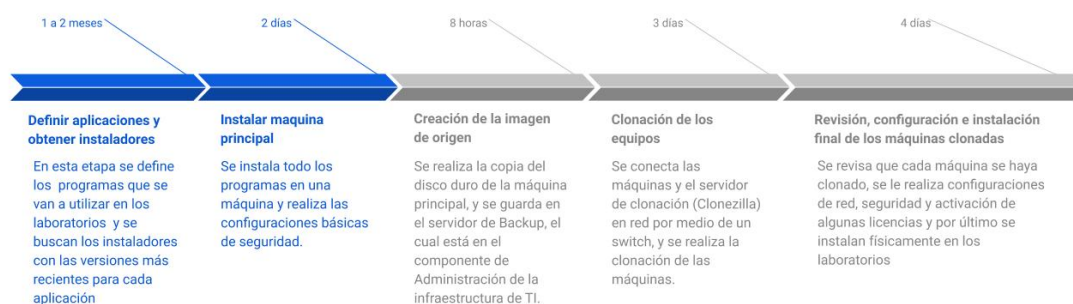


Figura 4.7 Cronología del proceso de instalación de un laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el proceso de instalación, se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- La obtención de los instaladores de la última versión de algunas aplicaciones depende mucho del Centro de Informática de Universidad de Costa Rica, esta oficina administrativa se encarga de la administración de dichas licencias y, por ende, de distribuir los instaladores con las licencias; se da un tiempo prudencial de 2 meses para tener todas las licencias, caso contrario se instala la versión anterior.
- Este proceso se realiza por modelo de máquinas en los laboratorios, ya que la clonación sólo funciona con máquinas de modelos similares.
- El *switch* para hacer la clonación en el caso del Decanato de Ingeniería, solo se puede conectar entre 15 y 14 máquinas al mismo tiempo, ya que el *switch* de actualmente se utiliza solo tiene esta cantidad de puertos.
- Al concluir la clonación se deben hacer configuraciones manuales máquina por máquina, como, por ejemplo: activar licencias, configuraciones finales de seguridad y configuración de red, cambio en el nombre de la estación, además de pruebas del funcionamiento.

Mantenimiento

Para mantener el rendimiento y el buen funcionamiento de los equipos en los laboratorios de cómputo, debido a que en el transcurso del semestre el equipo se somete a alta demanda de uso, es propenso a dañarse y des configurarse, en este sentido es que se realizan tres tipos mantenimiento que pueden ver en la Tabla 4.4:

Tipo	Frecuencia	Tareas
Periódico	Todas las semanas	Actualización del S.O. Revisión de conexión de red Revisión del estado físico

Tipo	Frecuencia	Tareas
		Revisión de acceso a licencias
Preventivo		Actualización del S.O. Borrar archivos de usuario (El Decanato de Ingeniería no se hace responsable de guardar archivos personales) Actualización de drivers Cambios periféricos según la necesidad Limpieza física del equipo, tanto externo como interno Revisión de seguridad

Tabla 4.4 Mantenimiento de laboratorios

Fuente: Elaboración propia

Atención de Incidentes

La atención de incidentes se controla dependiendo de la prioridad de los laboratorios. A continuación, se muestra la Figura 4.8 la cual muestra la jerarquía de atención a los laboratorios:

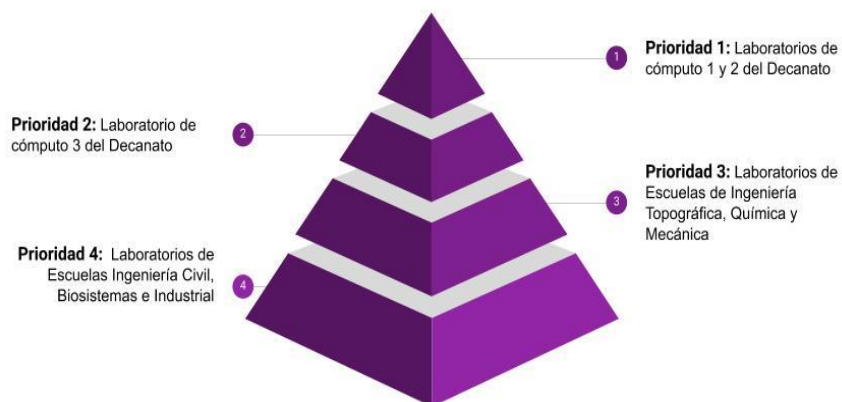


Figura 4.8 Prioridad de atención de incidentes de los laboratorios.

Fuente:Elaboración propia

Al tener Prioridad 1, los incidentes presentados en los laboratorios de cómputo del Decanato de Ingeniería se atienden a la mayor brevedad posible. Para esta tarea se cuenta con equipos de *backup* para reemplazar los equipos que presenten tanto problemas de *hardware* como de *software* y la atención a las averías sea más eficiente.

Para la atención de incidentes en los laboratorios de las Escuelas de Ingeniería Topográfica, Química y Mecánica con nivel de prioridad medio, se debe reportar la avería mediante el sistema de reporte del Decanato de Ingeniería. La atención a estas averías depende del recurso humano disponible, además, al no contar con el recurso de la máquina de *backup* para solución inmediata, se debe restaurar el equipo con una imagen de origen.

Los laboratorios de Ingeniería Civil, Biosistemas e Industrial al contar con un encargado del laboratorio, los incidentes en primera instancia los debe atender el correspondiente RID de la Unidad Académica; en los casos donde el RID de la Unidad no pueda solucionar el problema o no se encuentre, se hace un reporte en el sistema del Decanato para solicitar la ayuda.

4.3.2. Costos Administración técnica y Mantenimiento

En las subsecciones de gestión se explicó cómo se administran los distintos recursos computacionales con que cuenta la Facultad de Ingeniería para dar sus servicios de TI y se puede evidenciar el trabajo que conlleva dicha gestión. En esta subsección se calculan los costos económicos invertidos en recurso humano para este trabajo.

El recurso humano encargado de la gestión de los servicios de TI en la Facultad de Ingeniería consta del RID con un puesto de profesional A, asistente del RID con un puesto de técnico especializado D y, además, estudiantes con horas asistentes y horas estudiante. Para el cálculo de los costos de la gestión se tomaron en cuenta la escala salarial y el precio de la hora asistente y estudiantes dadas por recurso humano de la UCR, los cuales se pueden ver en el anexo 8.7.

La siguiente tabla es un resumen de costo en recurso humano, de las distintas actividades básicas para la gestión de los recursos computacionales por año el cual son base para el préstamo de los servicios de TI.

Costo de Recurso humano por año para la gestión de TI	
Actividad	Costo total por año
Gestión de servidor de LDAP	\$679.53
Gestión de servidor de <i>Backup</i>	\$548.78
Gestión de servidor Web	\$545.87
Gestión de servidor de licencias	\$601.48
Instalación del Laboratorio 36 maquinas	\$1148.43
Mantenimiento del laboratorio	\$2111.52
Mantenimiento de Licencias	\$52.7

Tabla 4.5 Costo de recurso humano para gestión de TI

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Obstáculos de la gestión actual

Obstáculos los laboratorios de cómputo

- Incompatibilidad del sistema de clonación (Clonezilla): pueden existir problemas entre el modelo de las máquinas a clonar y la versión de Clonezilla. Por esto se deben hacer pruebas y determinar cuál versión de Clonezilla funciona para cada modelo.
- Tiempos de instalación de la máquina principal: en la máquina principal se instalan todas las aplicaciones que necesitan todos los cursos que se imparten, esto hace que la instalación de la máquina de principal sea compleja y lenta, además se tarda entre 24

horas a 72 horas, dependiendo de variables como recurso humano disponible, *hardware*, versión del *software* entre otros.

- Pocos espacios de tiempo para la atención de los laboratorios: el mantenimiento e instalación de laboratorios depende la disponibilidad de los laboratorios y la cantidad de horas disponibles de recurso humano, en general es baja.
- Instalaciones máquina por máquina: en los casos de que se deba realizar algún un cambio en las máquinas ya instaladas, este se debe hacer máquinas por máquina, y por la falta de espacio libre los laboratorios, es un proceso que muy lento. Otro caso es cuando se realizan pedidos de instalaciones de *software* exclusivo para una clase, esto hace que la imagen de origen no satisfaga las necesidades de estos, provocando instalaciones y desinstalaciones individuales durante el semestre.
- Necesidad de personal especializado: el Decanato cuenta con ayuda de horas asistente para la instalación de los laboratorios, ya que este proceso es delicado y extenso de realizar por ende sólo asistentes con experiencia pueden hacer este proceso para evitar futuros errores en las máquinas de los laboratorios.
- Poco personal para atención de los laboratorios de las Unidades Académicas: realizar mantenimiento para todos los laboratorios de las Unidades Académicas es complejo, ya son muchos laboratorios y el personal disponible es poco, por lo cual esto solo se realiza a petición de la Unidad Académica.

4.4. Servicios del Decanato de Ingeniería a migrar a la NAC

En esta sección se mostrará una breve descripción de los servicios de TI que brinda el Decanato de Ingeniería, sus políticas actuales, procedimientos y cálculo de costo de cada servicio, esto son los servicios que se procurará migrar a la NAC.

4.4.1. Préstamo de una aplicación con licencia privada

El Decanato de Ingeniería brinda el servicio de préstamo de aplicaciones en caso que la licencia lo permita, tanto a docentes como estudiantes de la Facultad. La aplicación se puede instalar en los equipos personales del solicitante o en equipos que pertenezca a la Universidad de Costa Rica, en una Unidad Académica fuera de la Facultad.

Actualmente para aprobar el préstamo de una aplicación se debe cumplir con las siguientes características:

- La licencia debe ser con uso académico o de investigación.
- El solicitante debe ser profesor o estudiante de la Universidad de Costa Rica.
- El equipo donde se instalada debe ser activo de la Universidad, sólo en los casos de licencias para estudiantes se puede instalar en equipos propios del solicitante.
- El *hardware* debe cumplir con los requisitos mínimos del *Software*.
- La prioridad de uso de licencias son los laboratorios de cómputo del Decanato de Ingeniería y sus lecciones, un préstamo de licencia no debe interferir con el uso de misma en los laboratorios.
- Para Unidades Académicas que no son parte de la Facultad, el préstamo se hace por tiempo limitado y la petición debe ser autorizada por el Decano.

Políticas para el Préstamo de software licenciado

Instalación en equipo personal del Usuario

Para instalar el *software* en los equipos de los estudiantes, debe tener en cuenta varios aspectos:

Aspectos de la solicitud

- Los estudiantes deben estar matriculados en un curso que requiera el uso de la licencia o en el caso de ser profesor debe impartir un curso donde requiera el *software*.
- Para la solicitud la debe hacer el profesor autorizando el uso de la licencia por medio de correo electrónico.
- El estudiante debe dejar el equipo un mínimo de 24 horas para la instalación, con la clave de administrador.

Aspectos técnicos de las licencias

- El *software* solicitado deber tener licencias para préstamo, en los casos de las licencias de campus no se da el servicio de instalación.
- Debe haber un control para la devolución o vencimiento de la licencia ya que ésta sólo se presta por semestre.

Aspectos técnicos del equipo físico

- Los estudiantes deben tener un computador portátil, no se pueden hacer instalaciones en máquinas de escritorio.
- Revisar que el equipo del estudiante tenga las características mínimas que pide la aplicación.

Procedimiento de Instalación en equipo personal del Usuario

En la Figura 4.9 se puede observar el flujo del procedimiento que se realiza actualmente, para el préstamo de la aplicación con licencia, instalándolo en la máquina personal del estudiante.

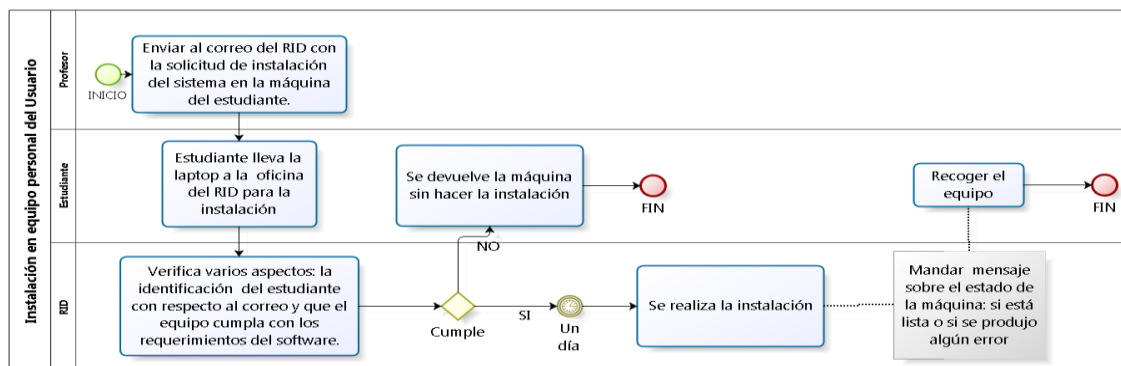


Figura 4.9 Procedimiento de instalación en equipo personal

Fuente: Elaboración propia

Instalación de aplicación con licencia privada en una Unidad Académica fuera de la Facultad de Ingeniería.

Para instalar en los equipos fuera de la Facultad de Ingeniería, debe tener en cuenta varios aspectos que se desarrollarán a continuación:

Aspectos de la solicitud

- La unidad debe hacer un oficio formal dirigido al Decano, con explicación detallada de cuál *software* desea, porque lo necesita, por cuánto tiempo y en qué equipo de va instalar.
- Para la instalación la debe realizar el RID de la Unidad Académica o en el caso de no contar con uno lo realiza el RID del Decanato de Ingeniería.

Aspectos técnicos de la licencia

- El *software* requerido debe tener licencias suficientes para el préstamo, tomando en cuenta que los equipos del Decanato de Ingeniería tienen prioridad.
- Debe haber un control para la devolución o vencimiento de la licencia, ya que esta solo se presta por el tiempo pedido en la solicitud.

Aspectos técnicos de los equipos físicos

- El equipo físico debe ser un activo de la universidad.
- Revisar que el equipo tenga las características mínimas que pide la aplicación.

Procedimiento de instalación en otra Unidad Académica

En la Figura 4.10 se puede observar el flujo del procedimiento que se realiza actualmente, para el préstamo de una aplicación con licencia instalándolo en la máquina de otra Unidad Académica.

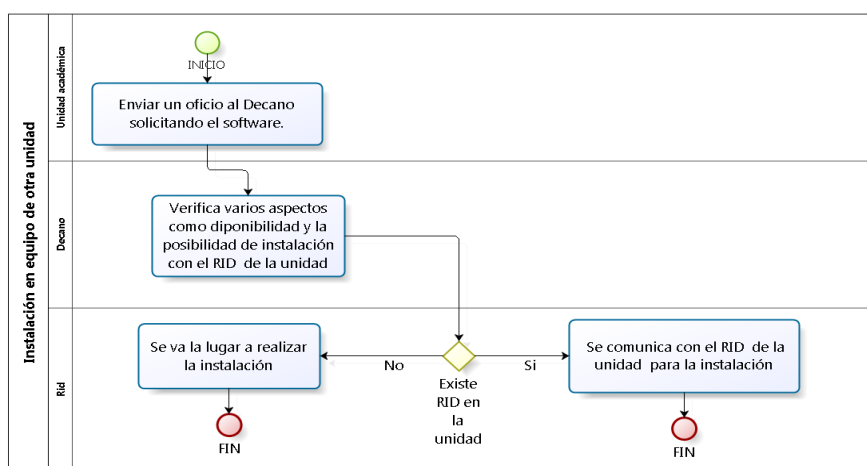


Figura 4.10 Procedimiento de instalación aplicación en otra Unidad Académica

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Préstamo de equipo de cómputo para trabajos y tareas.

El préstamo del equipo se realiza solo en el Laboratorio 3 del Decanato de Ingeniería, en este laboratorio se cuenta con 25 equipos, con todas las aplicaciones que cuenta el Decanato de Ingeniería para el préstamo de estas; el uso del Laboratorio 3 está dirigido a estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería.

Políticas para préstamo de Equipo de cómputo.

Para el préstamo de los equipos, debe tener en cuenta varios aspectos que se describen a continuación:

Aspectos de la solicitud

- El estudiante debe ser estar matriculado en la carrera de ingeniería.
- Llevar identificación con foto y formulario de matrícula.
- Debe estar inscrito en el sistema interno de laboratorios para registrar su uso.

Procedimiento para préstamo de equipo de cómputo.

Solo se presta en el horario establecido del semestre o si se encuentra un asistente disponible para el resguardo del laboratorio. En la Figura 4.11 se puede ver el flujo de este procedimiento

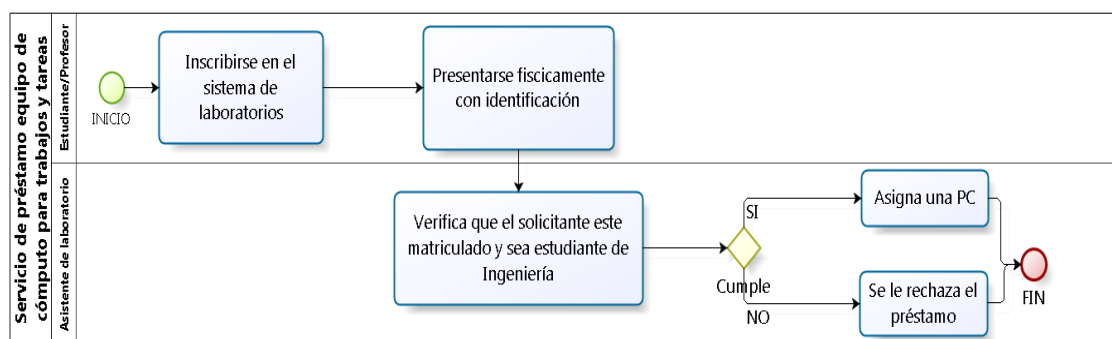


Figura 4.11 Procedimiento de préstamo de equipos de cómputo para trabajos y tareas

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Préstamo de laboratorio de cómputo del Decanato de Ingeniería

El préstamo de laboratorio de cómputo se realiza solo para docentes y prioritariamente a docentes de la Facultad de Ingeniería, en el caso de ser de otra facultad, el RID verifica la justificación de la petición del uso del laboratorio.

Políticas para préstamo de laboratorio de cómputo del Decanato de Ingeniería.

Para el préstamo de los laboratorios, debe tener en cuenta varios aspectos que se describe a continuación:

Aspectos del servicio

- Debe hacer una solicitud en el sistema el préstamo debe estar sujeto a la existencia de espacio libre.
- Solo existen 2 laboratorios de 36 PC's contando la del profesor.
- En el caso de solicitar un *software* nuevo, se debe pedir con un mínimo de 8 días de antelación.

Aspectos técnicos

- Instalar, configurar y probar los sistemas requeridos antes de su uso.
- Verificar si los sistemas requeridos tienen o no licencias privadas y hacer búsqueda de estas.
- No se puede cambiar la configuración original de la PC.

Procedimiento para el préstamo de un laboratorio de cómputo

En la Figura 4.12 se puede observar el procedimiento que tiene que hacer un profesor para la petición de un laboratorio de cómputo en el Decanato de Ingeniería.

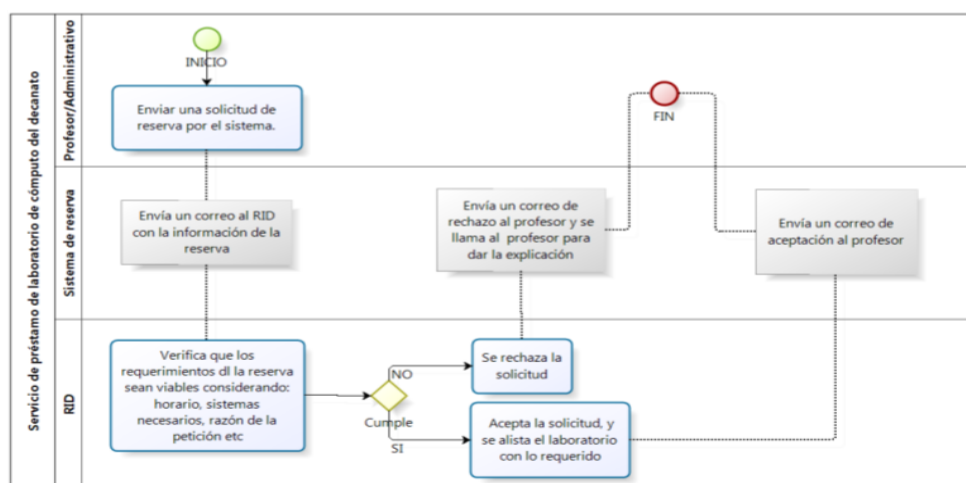


Figura 4.12 Procedimiento para el préstamo de un laboratorio de cómputo

Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Préstamo de Servidores de TI

En muchos casos las Unidades Académicas, necesitan servicios como alojamiento de archivo, páginas web, entre otros, y no cuentan el *hardware* propio para este tipo de necesidades, El departamento de TI analiza la situación de cada petición y determina la mejor forma de abordar el problema de las siguientes tres formas:

Políticas para préstamo de un servidor.

Para el préstamo de los laboratorios, debe tener en cuenta varios aspectos que se describen a continuación:

Aspectos del servicio

- Este servicio se brinda solo si, hay espacio en los servidores.

- Si existe un servicio similar instalado en los servidores, es con el fin que la configuración sea un tema conocido.
- Si es por tiempo limitado.
- Tiene prioridad baja así que el tiempo de espera depende el recurso de departamento de TI.

Procedimiento para solicitud servidores de IT

En la Figura 4.13 se puede observar el flujo del procedimiento y las opciones de servicios que más comúnmente se brinda.

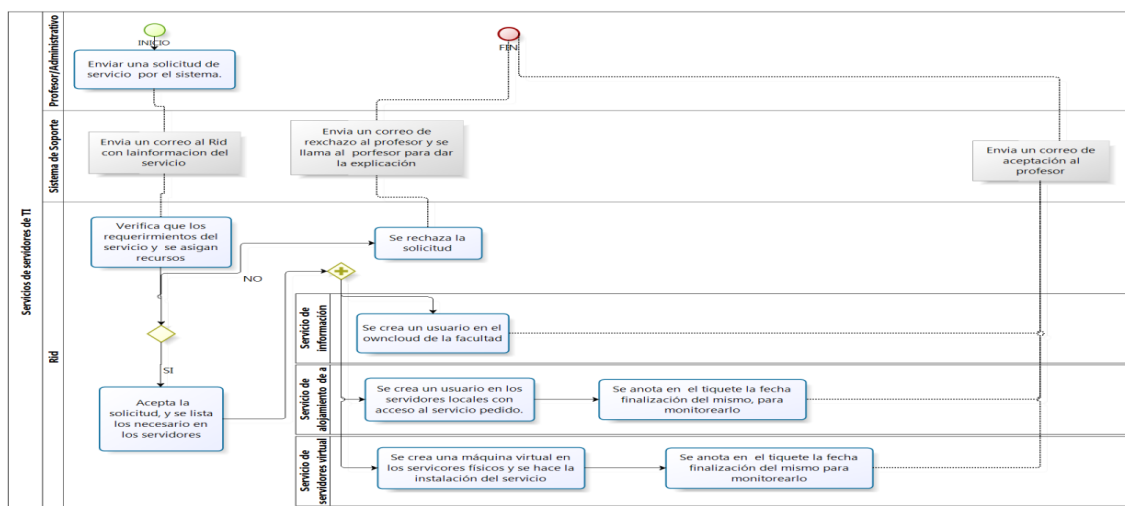


Figura 4.13 Procedimiento de préstamo de servicio de servidores

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 5: Propuesta de migración de los servicios de TI a la NAC

En este capítulo, se describe la implementación de la propuesta de migración de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería, utilizando la información ya presentada en el capítulo 4, para la toma de decisiones en las diferentes etapas.

5.1. Etapa 1 Planificación de la migración

En esta etapa se definen los objetivos, retos, ventajas esperadas, revisión de cumplimiento de políticas, con el fin de validar la viabilidad de los servicios a migrar. En el caso de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería, se definió un solo objetivo general y una lista de retos a enfrentar, para los servicios de TI a migrar que se definieron en el capítulo anterior.

5.1.1. Objetivo General de la migración de los 4 servicios.

El objetivo general de la migración a la NAC, es la mejora los servicios de TI que brinda el Decanato de Ingeniería a la comunidad universitaria, entre los que se encuentran la reducción de costos y mejoramiento de la gestión de los servicios.

5.1.2. Fortalezas y oportunidades de mejora esperadas con la migración

Para definir las fortalezas y oportunidades de la migración de los servicios del Decanato de Ingeniería, se analizaron los obstáculos planteados en el capítulo 4 con respecto a los beneficios que brinda la nube, obteniendo la siguiente lista:

Reducción de costos:

- Bajar la cantidad de horas que se necesita de personal especializado para la instalación equipos.
- Reducir las horas que invierte un asistente, en el préstamo de equipo para realizar tareas.
- Reducir costo del manteniendo físico de las máquinas.

- Reducir costos en la compra de equipos, asociados al cambio generacional de los equipos.

Disponibilidad:

- Aumento de las horas de disponibilidad de préstamo de máquinas.
- Aumento del número de aplicaciones disponibles para uso externo de la Facultad de Ingeniería.

Flexibilidad:

- Tener la flexibilidad de usar varios S.O. en las máquinas.
- El *hardware* se ajusta al propósito de las máquinas.
- Flexibilidad en la cantidad de equipos disponibles para una clase.

Facilidad de mantenimiento y actualización:

- Reducir los tiempos de instalación para laboratorios, servidores y máquinas para tareas.
- Eliminar las diferencias de gestión entre los laboratorios del Decanato de Ingeniería y los de las Unidades Académicas.
- Aumentar el tiempo para de mantenimiento de los equipos de laboratorio.
- Tener un control en tiempo real del préstamo y devolución de los equipos y sus licencias.
- Tener un método de ingreso de los usuarios a los equipos, el cual sea por usuario y no tenga problemas con las aplicaciones instaladas en los equipos.
- Tener más control de los recursos que consumen el préstamo de servidores.

5.1.3. Retos por enfrentar con la migración de estos servicios

- Disponibilidad del servicio: que el servicio no se encuentre listo para usar las 24 horas del día.
- Licenciamientos del *software*: los contratos de licenciamiento no permiten el uso del software en máquinas virtuales.

- Ausencia de responsabilidades por parte del proveedor: el administrador de la NAC, no cumpla con la atención de incidentes en la plataforma.

5.1.4. Revisión de cumplimiento de las políticas de servicio

La revisión de las políticas nos permite verificar que no exista obstáculos en la migración a nivel de incompatibilidad con las políticas internas del Decato de Ingeniería. En el capítulo cuatro, se describieron para los servicios de TI a migrar las políticas de cada servicio, con esta información se creó el siguiente análisis.

Instalación de software en equipos personales de los usuarios	En la NAC
Los estudiantes deben estar matriculado en un curso donde requiera el uso de la licencia o en el caso de ser profesor debe impartir un curso donde requiera el <i>software</i> .	El componente de autenticación, también verifica cuales imágenes se puede acceder el usuario.
Para la solicitud la debe hacer el profesor autorizado el uso de la licencia por medio de correo electrónico.	Ya esta política no es necesaria, ya que el profeso desde el inicio da lista de estudiantes tendrán acceso a la imagen.
El estudiante debe dejar el equipo un mínimo de 24 horas para la instalación, con la clave de administrador.	No se deja ninguna máquina física.
El <i>software</i> solicitado deber tener licencias para préstamo, en los casos de las licencias de campus no se da el servicio de instalación.	El <i>software</i> solicitado no debe tener restricción de uso en la NAC.
Debe haber llevar un control para la devolución o vencimiento de la licencia ya que esta sólo se presta por semestre.	El control lo lleva la NAC.

Instalación de software en equipos personales de los usuarios	En la NAC
Los estudiantes deben tener un computador portátil, no se pueden hacer instalaciones en máquinas de escritorio.	Los estudiantes deben tener un dispositivo de acceso a la MV y acceso a internet.
Revisar que el equipo del estudiante tenga las características mínimas que pide la aplicación.	No se necesitan características mínimas en los dispositivos, pero sí en la conexión de internet.

Tabla 5.1 Políticas del servicio de préstamo de software en equipos personales

Fuente Elaboración Propia

Instalación de aplicación con licencia privada en una Unidad Académica fuera de la Facultad de Ingeniería	En la NAC
La unidad debe hacer un oficio formal dirigido al Decano, con explicación detallada de cuál <i>software</i> desea, porque lo necesita, por cuánto tiempo y en qué equipo de va instalar.	Se puede hacer la solicitud por medio del sistema de soporte con la explicación detallada de cuál <i>software</i> desea, porque lo necesita, por cuánto tiempo.
Para la instalación la debe realizar el RID de la Unidad Académica o en el caso de no contar con uno lo realiza el RID del Decanato de Ingeniería.	Se realiza la asignación de la imagen a un usuario.
El <i>software</i> requerido debe tener licencias suficientes para el préstamo, tomando en cuenta que los equipos del Decanato de Ingeniería tienen prioridad.	Se asegura que la utilización de la imagen no interfiera con los horarios de los laboratorios.
Debe haber un control para la devolución o vencimiento de la licencia, ya que esta solo se presta por el tiempo pedido en la solicitud.	El control no lo realiza la NAC.

El equipo físico debe ser un activo de la universidad.	El dispositivo de acceso no es necesario que sea un equipo de la UCR.
--	---

Tabla 5.2 Políticas del servicio de préstamo de aplicaciones en otras Unidades

Fuente Elaboración propia

Políticas para préstamo de Equipo de cómputo para tareas	En la NAC
El estudiante debe ser estar matriculado en la carrera de ingeniería.	El componente de autenticación, también verifica cuales imágenes se puede acceder el usuario.
Llevar identificación con foto y formulario de matrícula.	No es necesario
Debe estar inscrito en el sistema interno de laboratorios para registrar su uso.	No es necesario

Tabla 5.3 Políticas del servicio de préstamo de equipo de cómputo para tareas

Fuente Elaboración propia

Políticas para préstamo de laboratorio de cómputo	En la NAC
Debe hacer una solicitud en el sistema el préstamo debe estar sujeto a la existencia de espacio libre.	Reserva en el VCL.
Solo existen 2 laboratorios de 36 PC's contando la del profesor.	En la NAC no hay restricción de cantidad de equipos por clases, solo se ajusta a los recursos disponibles.
En el caso de solicitar un <i>software</i> nuevo, se debe pedir con un mínimo de 8 días de antelación	En el caso de un software nuevo se puede realizar la instalación en menos de 8 días.

Tabla 5.4 Políticas del servicio de préstamo de laboratorios de cómputo

Fuente Elaboración Propia

Políticas para préstamo de un servidor.	En la NAC
Este servicio se brinda solo si, hay espacio en los servidores.	Se mantiene en la NAC.
Si existe un servicio similar instalado en los servidores, es con el fin que la configuración sea un tema conocido.	No es necesario tener algún servicio similar ya instalado en la NAC.
Si es por tiempo limitado.	Se mantiene en la NAC y solo para fines académicos.

Tabla 5.5 Políticas de los servicios de TI

Fuente Elaboración Propia

Para todos los servicios se terminó que la migración a la NAC no afecta ningún de las mismas.

5.2. Etapa 2 Definición y evaluación de las dependencias

En esta etapa se definen las dependencias de los servicios, y se considera si estas dependencias se migran a la nube o no, como se explica con más detalle en el punto 3.2.1 del Capítulo tres, las dependencias consideran los componentes que ayudan a brindar los servicios ya que, para poder brindar dichos servicios, dependen de la ayuda de estos componentes.

Esta etapa se basó en las tres aristas investigadas en el capítulo cuatro a saber, infraestructura, *software* y gestión, es importante considerar que todos los servicios a migrar tienen las mismas dependencias.

5.2.1. Dependencias en infraestructura

En la sección 4.1, se definieron cinco componentes de la infraestructura de TI, los cuales son: componentes de acceso o autenticación, componentes de control de licencias,

componentes administrativos, aplicaciones de servicio y componentes de préstamo. Estos componentes son vitales para el préstamo de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería, por esta razón se clasificaron como dependencias en infraestructura. A continuación, se lleva a cabo un análisis de cada componente y la evaluación de su posible migración a la NAC.

Componentes de acceso o autenticación:

Actualmente se tiene un servidor de LDAP interno para el ingreso y autenticación a las máquinas del Decanato de Ingeniería, este servidor no funciona para las MV de la NAC, primero el administrador de este servidor es el RID del Decanato de Ingeniería, en la NAC el administrador de servidor debe ser el administrador de la nube, ya que la plataforma no es de uso exclusivo del Decanato de Ingeniería, además el componente de autenticación en la NAC es más complejo que el existente, por ende, este un componente candidato a ser migrado.

Componentes de control de licencias:

Los elementos de este componente son los servidores de licencias, en este caso algunas de las licencias que se manejan, solo se pueden usar en los servidores actuales, ya que para un cambio se necesita permiso de parte del proveedor de la licencia. Tomando en cuenta lo anterior y que las MV si pueden tener acceso a los servidores de licencias, este componte no es considera candidato para ser migrado.

Componentes administrativos:

En caso de los componentes administrativos, no se deben van migrar, ya que la NAC tiene sus propios componentes, por ende, existen componentes administrativos en la NAC.

Aplicaciones de servicio:

En el caso de sistema de soporte, se mantendrá la misma forma como se reciben los tickets de soporte, por ende, esta aplicación de no se migrará, pero el sistema de reserva de

laboratorios de cómputo no se podrá utilizar en la NAC para este propósito, debido a esta razón se debe migrar.

Componentes de préstamo:

Es principal componente que migra, y se cambian las máquinas físicas de los laboratorios y de los servidores por las MV de la NAC.

En la Figura 5.1 se pueden ver los componentes que se planean migrar a la NAC, estos están encerrados en un círculo en rojo.

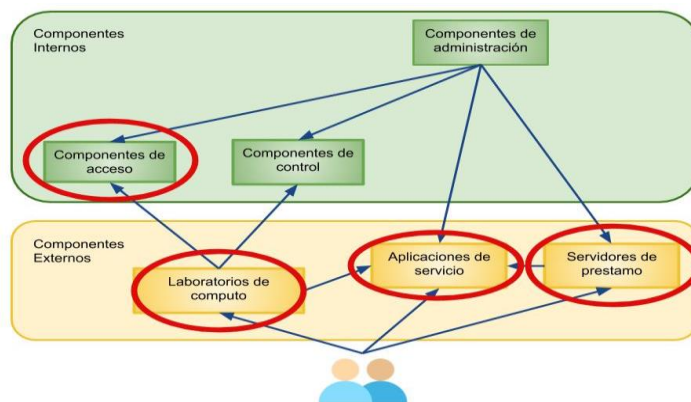


Figura 5.1 Dependencias directas de los servicios de TI a migrar a la NAC

Fuente:Elaboración propia

5.2.2. Dependencias de software

Los servicios de TI del Decanto de Ingeniería, tienen como dependencia el software que se presta, estos tienen licencias abiertas como de licencias privadas. Es necesario migrar el uso de este software a la nube.

5.2.3. Dependencias en gestión

En caso de las dependencias de gestión van de la mano con la revisión de cumplimiento de políticas, por ende, no hay ningún componente de gestión que tenga que ser migrado, sino

que solo se verifica que se pueda cumplir las necesidades de gestión de servicio del Decanato de Ingeniería en la NAC.

5.3. Etapa 3 Replanteamiento de servicios

En esta etapa, se explica cómo migrar las dependencias encontradas en la sección 5.2 y los servicios de TI a la NAC, transformándolas del modo actual a la nube.

A continuación, se va hacer una breve explicación de la infraestructura de la NAC, para tener una referencia de cómo se va realizar la migración.

5.3.1. Infraestructura de la NAC

La infraestructura del NAC cuenta con varios componentes, cada uno de éstos tiene un propósito distinto que permite el manejo de la NAC, pero para efecto de este trabajo los vamos a dividir en cuatro grupos según su propósito: componentes de autenticación, componentes de servicio, componentes administrativos y componentes de préstamo.

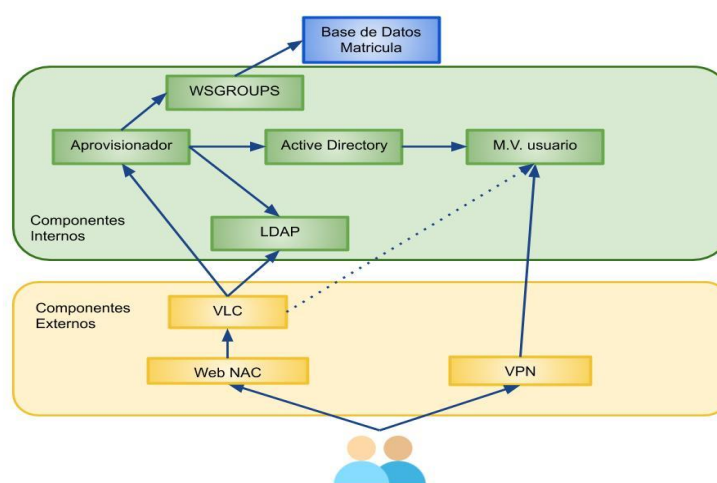


Figura 5.2 Diagrama de componentes de la infraestructura de TI para la migración

Fuente: Elaboración propia

- Los componentes de autenticación son los que permiten verificar y dar acceso a un usuario a los servicios de la nube, en estos grupos están: LDAP de la nube académica computacional para Linux, *Active Directory* de la nube académica computacional para Windows y VPN institucional que da acceso a un usuario en el exterior a la red institucional.
- Los componentes de aplicaciones computacionales que permiten dar un servicio al usuario final, en este grupo están: VCL (servicio de reserva de MV), Web NAC (servicio de registro a la NAC).
- Los componentes administrativos son los que suministran o administran servicios para el control y administración de los demás componentes, en este grupo están: el aprovisionador (aprovisiona los usuarios registrados a la NAC), WSGROUPS.
- Los componentes de préstamo: servicio de préstamo de máquinas virtuales.

En la Figura 5.2 se puede ver un diagrama de relación de los componentes principales de la NAC, está cuenta con la parte externa es todo lo que usuario final puede ver y acceder, la parte interna es el trabajo invisible al usuario que hace la nube para poder dar los servicios requeridos.

Los usuarios ingresan al NAC por medio de Web NAC y VCL, este se relaciona con los componentes de autenticación, los cuales deciden si el usuario tiene acceso o no a las MV. El aprovisionador se encarga de suministrar la información de los usuarios a los componentes de autenticación, una vez accedido, VCL se encarga de crear las MV.

5.3.2. Migración de las dependencias

En la sección 5.2, se definió y evaluó las dependencias de los servicios de TI, donde se identificaron tres componentes de la infraestructura que se deben migrar: componentes

acceso o autenticación, componentes de aplicaciones de servicio y componentes de préstamo. En la Figura 5.3 se muestra un resumen de la migración de estos componentes.

Se migró cada elemento de los componentes. Para este propósito se utilizaron dos de las cinco estrategias de migración mencionadas en la sección 3.2.1, los cuales son: *refactor* para las migraciones y *retain* para la no se van migrar.

Dependencias de infraestructura	Estrategia	Migración	Infraestructura en la NAC
Componente de autenticación			
1	• LDAP	Refactoring	Si hay migración
			<ul style="list-style-type: none"> • LDAP de la NAC • Active directory • VPN
Componente de Aplicación			
2	• Soporte	Retain	No hay migración
	• Reserva	Refactoring	Si hay migración
			<ul style="list-style-type: none"> • Se mantiene el sistema de soporte actual. • La reservas de las MV se realizan por medio la web NAC y VLC.
Componente de Préstamo			
3	• Maquinas físicas	Refactoring	Si hay migración
			<ul style="list-style-type: none"> • Se migra de las máquinas físicas a MV.

Figura 5.3 Resumen de la re arquitectura de las dependencias de infraestructura de TI

Fuente: Elaboración propia

Para el componente de autenticación, se decidió utilizar la estrategia de *Refactoring*, ya que la forma de autenticación de los usuarios en la NAC debe ser distinta a la actual, tomando en cuenta varias características propias de la NAC, como la flexibilidad de plataforma en S.O. para las MV, la cantidad de usuarios a la cual está dirigido el servicio es mucho mayor a la actual, la necesidad de vincular las cuentas de usuario con las cuentas institucionales, entre otras razones, se utilizará los componentes de autenticación existentes de la NAC.

Los componentes de aplicación determinaron dos elementos a migrar, el de reserva y el de soporte, en el caso de la aplicación de reserva esta se utilizó la estrategia de *Refactoring*, ya que la aplicación actual de reserva de laboratorios, se limita a controla en espacio físico, y en el caso de la NAC la aplicación de reserva de VLC, control el préstamo de *hardware* virtual. Para el elemento de soporte, se tomó la decisión de mantener el actual ya este, es un medio por donde los usuarios puede hacer reporte de averías o solicitudes de ayuda al RID de la Facultad directamente.

Para el componente de préstamo, se utilizó la estrategia de *Refactoring*, se utilizan las MV en vez de máquinas físicas.

En la sección 5.2. también se evaluaron las dependencias de *software*, donde se determinó que las aplicaciones con licencias privadas se deben migrar, se investigó sobre cuales aplicaciones pueden ser migradas, las que todavía no se tiene el conocimiento por falta de información de contrato de licencias.

Aplicación	Compatibilidad con NAC	Licenciamiento con ambiente en nube
Matlab	Si	Si
SolidWorks	Si	Si
AutoCAD	Si	Falta contrato de licenciamiento
ArcGIS	Si	Si
AspenONE	Si	Si
COMSOL	Si	Si
Unisim	Si	Si
ANSYS	Si	Si

Tabla 5.6 Tabla de compatibilidad del licenciamiento con la NAC

Fuente: Elaboración propia

5.3.3. Migración de los servicios

La migración de los servicios se utiliza la técnica de migración *refactor*, en la cual se va a rediseñar los servicios de TI. A continuación, se describe este rediseño.

Los servicios de “préstamo de una aplicación con licencia privada” y “préstamo de servidores de TI”, se transforma en el servicio de préstamo de una MV con características de *hardware* y/o *software* a medida, este es un servicio enfocado con necesidades específicas, donde las necesidades del usuario son específicas como por ejemplo MV para investigación con una licencia privada o una MV que funcione como servidor, donde sea necesario crear un imagen que se ajuste a las necesidades de una solicitud.

Para la restructuración de estos dos servicios en uno, se tomó en cuenta las características esenciales de nube: amplio acceso a la red y rápida elasticidad, ya que gracias a estas características se puede tener MV con elasticidad de *hardware* y accesibles a los usuarios fuera de la Facultad, además abre la posibilidad de usos de estas MV, no solo para servidores o préstamo de licencias privada, sino necesidades como equipos interconectados a redes con topografías específicas, procesamiento de alto rendimiento para simulaciones entre otros.

Para los servicios de “préstamo de equipo de cómputo para trabajos y tareas” y “préstamo de laboratorio cómputo del Decanato de Ingeniería”, se transforma en un solo servicio de reserva de MV para clases y tareas, ya que las MV que usan los estudiantes en clases y se puede reservar para realizar sus tareas fuera de los horarios de clases.

En la Figura 5.4 se observa el resumen del re arquitectura de los servicios de TI.

Servicios de TI		Estrategia	Migración	Infraestructura en la NAC
1	Préstamo de una aplicación con licencia privada	Refactoring	Si hay migración	<ul style="list-style-type: none"> Servicio de préstamo de una M.V. con características de hardware y/o software a medida, para solicitudes específicas
	Préstamo de servidores de TI			
2	Préstamo de equipo de cómputo para trabajos y tareas	Refactoring	Si hay migración	<ul style="list-style-type: none"> Se crea una imagen de M.V. en VCL para cada curso, la misma imagen se utiliza para los clase para las tareas de los estudiantes.
	Préstamo de laboratorio de cómputo			

Figura 5.4 Resumen de la re arquitectura de los servicios de TI

Fuente: Elaboración propia

5.4. Etapa 4 Pruebas de la migración

Para las pruebas de la migración, se crearon casos de prueba para las dependencias donde se busca probar el funcionamiento de las partes cruciales encontradas en la etapa de aislamiento de dependencias, con el fin de tener el ambiente propicio para el desarrollo de los servicios y después se crearon un casos de prueba para la verificar la funcionalidad y viabilidad de la migración cada servicio por medio de un prototipo, además se realizó una encuesta UEQ para establecer la experiencia de los usuario.

5.4.1. Prototipos de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería

Servicio de préstamo de una MV con características de *hardware* y/o *software* a medida: se necesita una MV para probar las aplicaciones con licencias del Decanato de Ingeniería en dichas máquinas, esta es exclusiva para dichas pruebas y solo tiene acceso un usuario.

Servicio de reserva de MV para clases y tareas: se prueba el uso de MV para la realización de una clase para dos cursos distintos, en los cuales se necesita realizar prácticas utilizando aplicaciones con licencias privadas.

A continuación, se explica los casos de pruebas realizados, para saber más detalle de ellos ver el anexo 8.8

5.4.2. Caso de prueba 1: dependencias de software (aplicaciones con licencia privada)

Se busca primero probar el funcionamiento de las 8 aplicaciones con licencia privada, las cuales se pueden ver en la tabla 5.6, que tiene el Decanato de Ingeniería en una MV y de segundo se busca probar el acceso de las MV a los servidores de licencia actuales, ya que, en la etapa de replanteamiento de servicios, se tomó la decisión de no migrar dichos servidores.

Para lograr el objetivo del caso de prueba, se instalaron las 8 aplicaciones en una MV inicial con *hardware* que cumplía con los requerimientos mínimos de las aplicaciones, luego de la instalación se procedió a conectar cada aplicación con su debido servidor de licencias y finalmente se corrió el programa, para verificar si las aplicaciones presentaban algún error ejecutándose en el ambiente virtual de la NAC.

5.4.3. Caso de prueba 2: dependencia de Infraestructura (componente de autenticación)

El objetivo del caso de prueba para la migración del componente de autenticación, es verificar la funcionalidad de acceso y la autenticación del usuario del Decanato de Ingeniería en los servicios de la NAC.

Esta prueba comenzó con la petición al administrador de la NAC, la activación de un usuario en la NAC, con la que, una vez es aceptada la activación, se procedió en ingresar a la aplicación web de VCL de la NAC para la comprobación del usuario.

5.4.4. Caso de prueba 3: dependencia de Infraestructura (componente de Aplicación)

Se determinó en la etapa anterior, que para la migración del elemento de reserva se iba a utilizar el VLC para las reservas en la NAC, la finalidad de este caso de prueba es verificar que el usuario activado en el caso de pruebas 2, pueda hacer una reserva de una máquina MV

Para este caso de prueba se ingresó en con el usuario activado en el caso de prueba 2, luego se procedió a crear una MV, durante 1 hora, también se pidió la MV para ese momento

5.4.5. Caso de prueba 4: servicio de préstamo de una MV con características de *hardware* y/o *software* a medida

En este caso de prueba se realizó el procedimiento completo para la solicitud de una M.V con *hardware* específico, la cual se utilizó en el caso de prueba 1., en la petición se definió los siguientes parámetros: justificación de la MV, requerimientos de *hardware*, requerimientos de *software* y tiempo a utilizar.

El objetivo de este caso de prueba fue verificar el uso de una MV, con el *hardware* a medida para realizar una tarea, que en este caso fue las instalaciones del caso de prueba 1.

5.4.6. Caso de prueba 5: servicio de reserva de MV para clases y tareas

Con este caso de prueba se busca verificar la funcionalidad de utilizar MV, se escogieron dos cursos los cuales cumplen con los siguientes requerimientos: ser cursos que imparten habitualmente en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería, que necesiten al menos una de las siete aplicaciones con licencia que dieron resultados positivos en el caso de pruebas 1 y que la participación del usuario sea voluntaria.

Los cursos que participaron fueron SP6201 Métodos de elementos finitos y el curso SP6200 Análisis Numérico, los cuales tiene como requerimientos el uso de las aplicaciones ANSYS y Matlab, respectivamente.

Esta prueba se dividió en dos partes impartir una clase utilizando las MV y la segunda parte probar la reserva de MV.

Para este caso de prueba primero se definió los requerimientos de *hardware*, además se tomó la decisión de utilizar una única imagen para ambos cursos. Se utilizó una imagen base de Win10, para instalar las aplicaciones de ANSYS 19.2, Matlab R2019a y otros programas básicos, además de creó una política de seguridad evitar el ingreso de los estudiantes al panel de control del sistema operativo. Luego que la imagen fue instalada y revisada, se pidió al administrador de la NAC la clonación de dicha imagen para cada estudiante y se pidió la creación de las cuentas de usuario a la VPN.

- Para la prueba con los estudiantes en el curso SP6201, se realizó en una clase virtual donde cada estudiante estaba en su casa, el profesor dio las indicaciones por medio de video conferencia, sobre como ingresar a la MV e instalar la VPN, la clase consistió en correr sus proyectos finales de la aplicación ANSYS en las MV.
- Para la prueba con los estudiantes en el curso SP6200, realizo en una clase virtual donde cada estudiante estaba en su casa, el profesor dio las indicaciones por medio de video conferencia de como ingresar a la MV e instalar la VPN, la clase consistió en correr las prácticas en Matlab realizadas en el curso, en las MV.

5.5. Etapa 5: Optimización

En esta etapa se analizaron los resultados de los casos de pruebas de migración, las fortalezas y riegos planteados en la etapa uno, y se valoraron otros los aspectos de seguridad, cumplimiento de las normas y estimación de esfuerzos, que surgieron durante el proceso de migración. Con esta información fue posible encontrar los siguientes aspectos a mejorar la próxima iteración.

5.5.1. Aspecto de mejora 1: migración de servidores de Licencias a la NAC

El caso de prueba de las dependencias de *software* fue exitoso en la mayoría de aplicaciones, donde los servidores de licencias actuales se pueden utilizar en la NAC. Pero se realizó un análisis de la seguridad, y se encontraron deficiencias que en un futuro podrían tener consecuencias para el servicio, los cuales fueron:

- Los servidores de licencias del CI, su administración está en manos de esta unidad, donde su actualización e información puede ser modificada sin previo aviso y perjudicar el uso de los servicios de la NAC.
- Los servidores internos del Decanato de Ingeniería están en una red pública, donde se puede tener acceso dentro y fuera de la universidad, generando potenciales problemas en la seguridad.
- Los servidores internos del Decanato de Ingeniería tienen soporte en un horario limitado al horario del edificio.
- Los servidores internos del Decanato de Ingeniería, se ubican físicamente en el cuarto de servidores en la Facultad de Ingeniería, a pesar que el edificio cuenta con planta eléctrica, ha sucedido en varias ocasiones esta no funciona provocando la desconexión de los servidores.

La plataforma física actual del Decanato de Ingeniería y del recurso humano que tiene los servidores de licencias, están diseñado para el uso exclusivo del usuario del Decanto, con la migración se pretende ampliar a más usuario el uso de las licencias, por ende, la seguridad y la fiabilidad de los servidores se debe adaptar esta nueva forma de uso.

5.5.2. Aspecto de mejora 2: autenticación con un usuario ligado al dominio de la NAC

En el caso de pruebas 2: dependencia de Infraestructura (componente de autenticación), la prueba se realizó con un usuario que no estaba ligado al domino de la NAC, ya que está

característica no estaba disponible en la plataforma en el momento de la prueba. Se debe en la siguiente iteración pasar los usuarios a dominio ir probar la activación en la NAC.

5.5.3. Aspecto de mejora 3: cálculo de requerimientos de *software* en la NAC

Para el caso de pruebas 5: Servicio de reserva de MV para clases y tareas, se realizó pruebas en máquina física para calcular las necesidades de *hardware*, pero no se tomó en cuenta las características propias que tiene la NAC en cuanto la utilización de recurso de *hardware*, como por ejemplo el uso de *Transparent Page Sharing (TSP)*, es una tecnología de administración de memoria en virtualización que une los contenidos idénticos de memoria cuando se ejecutan varias MV, lo que permite la reducción de uso de memoria, provocando que la necesidad de *hardware* de una MV es menor en comparación de una física. (electricmon, 2018)

Así que para la próxima iteración se debe hacer una investigación de un método de cálculo de recursos para las MV

5.5.4. Aspecto de mejora 4: control de préstamo de licencias privadas

Las aplicaciones con licencias privadas usualmente tienen un número limitado de licencias, en la nube se permite hacer la cantidad de reservas como los recursos de *hardware* de la NAC lo permita, se debe también limitar las reservas de máquinas con aplicaciones privadas para evitar que se preste un MV, la cual no tenga acceso a la licencia.

5.5.5. Aspecto de mejora 5: servidor de instaladores

En el caso de prueba 1, cuando se creó la imagen de origen donde se instalaron las 8 aplicaciones con licencias privadas, los archivos de instalación se guardaron el disco duro de la MV, este disco creció alrededor de un 300% más de lo esperado que tuviera las MV debido al almacenamiento de los archivos de instalación, a pesar que se borraron dichos archivos, el

disco no se reduce de forma automática y lo tiene que realizar el administrador de la NAC, este es un procedimiento que no siempre se puede llevar a cabo.

Para la siguiente iteración, se debe crear un método para guardar los archivos de instalación y ejecutarlos sin aumentar el almacenamiento. Este método podría ser una segunda unidad de disco duro, que se eliminaría al final de la instalación.

5.5.6. Aspecto de mejora 6: control de usuarios

En los beneficios esperados con la migración, se tiene un control de los usuarios que acceden a las licencias de los recursos de las MV, pero solo el administrador de la NAC tiene acceso a esta información, para la siguiente iteración de debería plantear con el Administrador de la NAC, una forma que el RID, pueda tener acceso a estos controles.

Capítulo 6: Evaluación y correcciones de la migración a la NAC

En este capítulo se evaluó la migración de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería a la NAC. En la primera parte de esta evaluación se realizó con un análisis de los obstáculos que enfrenta la arquitectura actual, luego se analizaron los resultados de la creación e implementación de la propuesta de migración y se validó este proceso con la mejora de los obstáculos.

En una segunda parte de la evaluación, se llevó a cabo una comparación entre los costos de los servicios actuales y los algunos servicios de nube que ofrece el mercado, esto a nivel cualitativo, buscando ventajas económicas de la migración; por último, se realizó un análisis de los resultados de la experiencia del usuario utilizando la NAC.

6.1. Análisis de los obstáculos

Para el análisis de los obstáculos, se tomaron los obstáculos de la arquitectura actual definidos en el capítulo cuatro, seguidamente, se categorizó la arquitectura según sus tres aristas: infraestructura, *software* y gestión.

6.1.1. Infraestructura

En la arista de infraestructura se definieron once obstáculos en total, de los cuales siete se deben a que la infraestructura actual no tiene la capacidad de adaptarse a las necesidades de los usuarios, en cuanto necesidades y actualización de *hardware*, cantidad de equipos y configuración de red, esto genera un desaprovechamiento de los recursos. Los cuatro obstáculos restantes se basan en las necesidades y deficiencias de los lugares donde se encuentran los equipos actualmente.

6.1.2. Software

En la arista de *software* se encontraron tres obstáculos, los dos primeros se deben a las limitaciones del uso del *software* dentro de las instalaciones físicas de la Facultad de Ingeniería, donde existen limitaciones de disponibilidad de horario, necesidad de personal para préstamo, uso de un único S.O. y la necesidad de traslado al lugar físico para el uso de las aplicaciones. El último obstáculo se debe a las restricciones de uso de aplicaciones fuera de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, como impedimento por contrato de licenciamiento o falta *hardware* del equipo externo para cumplir con los requisitos de las aplicaciones.

6.1.3. Gestión

Se encontraron seis obstáculos en gestión, donde la mitad de ellos están relacionados con el uso de máquinas físicas y espacios de laboratorios, como incompatibilidades por *hardware*, instalaciones repetitivas y problemas de disponibilidad de espacios. La otra mitad de los obstáculos encontrados son problemas típicos que se pueden presentar en cualquier infraestructura tanto la actual como en la NAC, como tiempos de instalación o necesidad de personal especializado. En la Figura 6.1 se puede observar que en todas las aristas existen obstáculos por el uso de equipo y espacio físico.

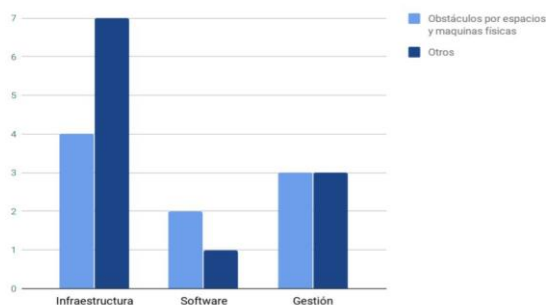


Figura 6.1 Tipos de obstáculos de la arquitectura actual

Fuente: Elaboración propia

6.2. Validación de la propuesta de migración por obstáculos identificados

Se tomaron los obstáculos de la arquitectura actual, para determinar si con la migración a la NAC estos se podrían solucionar, si presentan alguna mejoría o ninguna. Se considera un obstáculo solucionado, cuando con la migración a la NAC el problema desaparece en su totalidad, causado directamente por un beneficio de la nube. En los casos en que el problema persista, pero con una menor magnitud, se considera un obstáculo mejorado; por último, en caso de no presentar ninguna de las anteriores, se define como ninguno de los anteriores.

6.2.1. Infraestructura

Se definieron siete obstáculos en la infraestructura actual causados por la falta de flexibilidad para adaptarse a las necesidades de los usuarios. Entre las fortalezas y oportunidades de mejora esperadas con la migración, están las posibilidades de flexibilidad que ofrece la NAC y con la característica de auto servicio bajo demanda, permite prestar MV con el *hardware* y configuración de red solicitados por los usuarios.

Además, con la característica de elasticidad se permite aprovisionar y liberar elásticamente los recursos según la demanda, haciendo que las actualizaciones sean más fáciles. Gracias a esto, de los siete obstáculos definidos, se solucionaron cinco y dos se mejoraron.

En el caso de los cuatro obstáculos causados por el espacio físico, se solucionaron dos, uno tuvo mejoría y el último no tuvo ninguna de las anteriores, este resultado es debido a la característica de amplio acceso a la red, ya que hace que la dependencia de los espacios físicos disminuya con la migración, debido a que los servicios se pueden acceder por medio de diferentes dispositivos conectados a la red.

6.2.2. Software

En la arista de *software* con la migración a la NAC, las MV tiene más disponibilidad, no se necesita supervisión para el préstamo y se puede acceder por medio de la red. Además, las cinco aplicaciones con limitaciones para uso fuera de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería se pueden utilizar en la NAC, con lo anterior se logró solucionar dos obstáculos.

6.2.3. Gestión

Con la migración a la NAC, se solucionaron todos los obstáculos relacionados con el uso de máquinas físicas y espacios de laboratorios, ya que al trabajar con una MV aumenta la disponibilidad, los problemas de incompatibilidad por *hardware* no se presentaron y las instalaciones de *software* solo se realizan una vez.

Para los problemas restantes, encontrados en la arista de gestión, al solucionar los obstáculos anteriores se mejoraron los tiempos de instalación, reduciendo los tiempos de las últimas de etapas del proceso de instalación de laboratorio del cómputo descrito en el capítulo cuatro. Se eliminó el obstáculo de diferenciación entre los laboratorios de cómputo del Decanato de Ingeniería, con los laboratorios de las demás Unidades Académicas. Por último, el obstáculo de necesidad de personal especializado se mantuvo.

En el anexo 8.9 se puede ver un cuadro con los obstáculos definidos en el capítulo cuatro, además una descripción de la solución en la NAC y la clasificación de los obstáculos en solucionados, mejorados o ninguna de las anteriores.

6.3. Aspectos de mejora encontrados en la implementación del plan de migración

En el capítulo cinco, se creó e implementó un plan de migración a la NAC para los servicios de TI del Decanato de Ingeniería, como: préstamo de una aplicación con licencia privada,

préstamo de equipo de cómputo para trabajos y tareas, préstamo de laboratorio de cómputo del Decanato de Ingeniería y préstamo de servidores de TI.

Dicho plan tuvo como resultado la reestructuración de los cuatro servicios a dos servicios en la NAC: préstamo de una MV con características de *hardware* y/o *software* a medida y servicio de reserva de MV para clases y tareas, esto provocó una reducción de procedimientos de servicio y se simplificaron las políticas de préstamo.

En la implementación del plan de migración propuesto se encontraron seis aspectos a mejorar, mencionados en la sección 5.5, que son fundamentales a considerar para la migración de futuras Unidades Académicas.

Analizando estos aspectos a mejorar, se puede concluir que el problema se resume en la falta de investigación de las necesidades, componentes y características de la NAC en la primera etapa. En la Tabla 6.1 se resume el análisis de los aspectos a mejorar de la migración.

#	Aspecto a mejorar	Razón
1	Migración de servidores de licencias a la NAC	Falta de investigación de las necesidades de los servidores de licencias en la NAC.
2	Autenticación con un usuario ligado al dominio de la NAC	Falta de investigación de los componentes de la NAC que se encuentran en desarrollo.
3	Cálculo de requerimientos de <i>software</i> en la NAC	Falta de investigación de la forma de cálculo de requerimientos en la NAC.
4	Control de préstamo de licencias privadas	Falta de investigación de los controles de préstamo en la NAC
5	Servidor de instaladores	Falta de investigación de la que se trabaja el almacenamiento en la NAC.
6	Control de usuarios	Falta de investigación de los controles de usuarios en la NAC

Tabla 6.1 Análisis de los aspectos a mejorar de la migración

Fuente: Elaboración propia

6.4. Validación de la propuesta de migración por costos

Respecto a los obstáculos definidos, se realizó una estimación de las ventajas esperadas a nivel económico con la migración a la NAC. Por falta de información para el análisis cuantitativo de los datos, se realizó un análisis a nivel cualitativo.

6.4.1. Infraestructura

Como se mencionó en el capítulo cuatro, el 36.1% de los espacios de laboratorios de cómputo de la Facultad de Ingeniería se encuentran en desuso por falta de *hardware*, esto equivale a ciento noventa equipos. Con la solución que presenta la propuesta de *Bring your own device* del Centro de informática de la UCR (2019) y con la ayuda de la NAC, se puede aprovechar estos espacios, donde los estudiantes que tengan la posibilidad pueden utilizarlos con sus equipos personales. (Ver Anexo 8.3 y 8.4)

Con el cambio generacional de equipos en el Decanato de Ingeniería, existe la necesidad de adquirir anualmente 35 equipos que corresponde el cambio de un laboratorio por año, esto permite mantener el hardware actualizado con respecto a las necesidades de recursos de las aplicaciones de alta demanda. Al migrar los estos sistemas a la NAC, puede disminuir la necesidad de actualización de equipos en los laboratorios, ya que se utiliza los recursos de la NAC para estas aplicaciones. Como consecuencia se puede adquirir equipos nuevos para los laboratorios físicos con menos frecuencia. (Ver Anexo 8.3 y 8.4)

En cuanto al aprovechamiento de recursos, actualmente los laboratorios de cómputo solo se pueden utilizar 4067 horas efectivas de las 8760 horas de un año, esto significa que solo el 46% de las horas de un año los laboratorios están disponibles, el otro 54% el recurso se desaprovecha. (Ver Anexo 8.4)

Con la migración a la nube se puede mejorar la disponibilidad y accesibilidad del recurso, aumentando las posibilidades de que los estudiantes y docentes los utilicen, además con una carga de trabajo más uniforme entre las horas disponibles.

6.4.2. Software

Para el *software* ocurre una situación similar a la infraestructura, pero con el uso de las aplicaciones con licencia privada. En la sección 4.2.3 se puede ver el costo de las licencias anuales para un solo equipo. Con la migración a la nube se puede aumentar la disponibilidad y accesibilidad de las aplicaciones y aumentar el uso de estas por parte de los estudiantes y docentes. (Ver Anexo 9.6)

6.4.3. Gestión

En la sección 4.3.2 se puede ver el costo las horas de recurso humano para la gestión. En la migración también se estima una reducción de estas horas, donde se reduce la gestión del servidor de LDAP y el de *Backup*, además la instalación de un laboratorio de 36 equipos, se elimina en los tres últimos procedimientos de instalación. Por ende, el gasto de horas en recurso humano se reduce. (Ver Anexo 8.7)

6.4.4. Comparación cualitativa de costos

Se realizó una comparación de los costos estimados del uso de los laboratorios de cómputo del Decanato de Ingeniería con la arquitectura actual contra la arquitectura en la nube; se tomaron valores del mercado actual de los proveedores Azure, de Microsoft y Google Cloud, ya que no se pudo obtener la información completa para el cálculo de costo en la NAC.

Se obtuvo los costos por hora de la nube se reducen entre más se solicita el recurso, en cambio los de la infraestructura física el costo por hora es constante. Podemos concluir que la economía de utilizar una infraestructura de la nube está en utilizar el recurso.

Los proveedores de nube escogidos no tienen una representación precisa con los costos de la NAC, y se detectan grandes diferencias con la NAC como: la NAC es sin fines de lucro, infraestructura es más pequeña y se brindan menos servicios, entre otros. En el anexo 8.10 se pueden ver las cotizaciones que se realizaron a los proveedores.

6.5. Resultado de experiencia de usuario

Se evaluó la experiencia de usuario que tuvieron los participantes del caso de pruebas 5 en la sección 5.4.6 al utilizar las MV. Los cuélas fueron dos estudiantes del curso SP6201 Métodos de elementos finitos y dos estudiantes del curso SP6200 Análisis Numérico y el docente que imparte los dos cursos.

Para la evaluación de experiencia de usuario se utilizó el cuestionario estandarizado de UEQ (UEQ Team, n.d.), Este cuestionario cual se puede ver en el Anexo 8.2, se les envió por correo a los estudiantes y el docente después de finalizar el uso de las MV del caso de pruebas 5, donde se realizó una clase en que se requerían dos aplicaciones con licencias, con el fin de evaluar la experiencia del usuario utilizando la NAC en un servicio del Decanato de Ingeniería.

El cuestionario UEQ proporciona mediante una herramienta en Excel ayuda a capturar los datos de la experiencia del usuario, el objetivo es permitir una evaluación rápida realizada por los usuarios finales que cubra una impresión completa de la experiencia del usuario.

Esta evaluación está categorizada en 6 escalas (Laugwitz, Held, & Schrepp, 2008):

1. Atractivo: impresión general del producto. ¿Les gusta o no les gusta a los usuarios?
2. Transparencia: ¿Es fácil familiarizarse con el producto?
3. Eficiencia: ¿Pueden los usuarios resolver sus tareas sin un esfuerzo innecesario?
4. Controlabilidad: ¿El usuario se siente en control de la interacción?
5. Estímulo: ¿Es emocionante y motivador usar el producto?

6. Novedad: ¿Es el producto innovador y creativo? ¿Captura la atención del usuario?

El cuestionario UEQ valora entre -0.8 y 0.8 una evaluación más o menos neutral de la escala correspondiente, los valores mayores a 0.8 representan una evaluación positiva y los valores menores a -0.8 representan una evaluación negativa. El rango de las escalas está entre -3 (horriblemente malo) y +3 (extremadamente bueno).

De acuerdo con los resultados obtenidos, el uso de la NAC obtuvo un puntaje mayor de 1.2 en todas las categorías, tomando en cuenta que los valores mayores a 0.8 son considerados positivos, podemos concluir que, en todos los rubros calificados por el cuestionario, los usuarios estaban muy satisfechos.

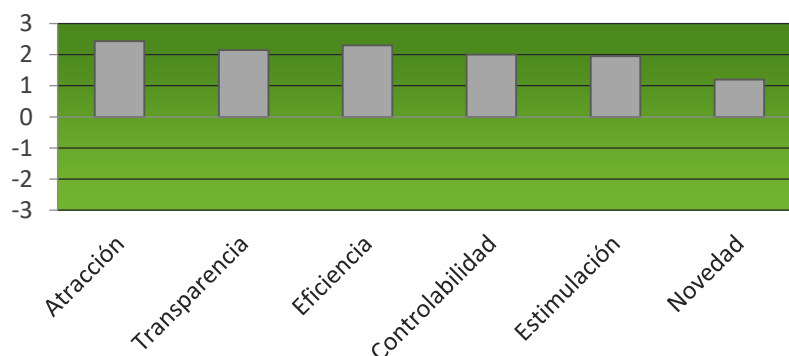


Figura 6.2 Gráfico de escalas UEQ para servicio de clases en la NAC

Fuente: Elaboración instrumento de Excel para UEQ

En la categoría de atracción se obtuvo la puntuación mayor de 2.4, esta califica la reacción emocional del usuario hacia el producto, ya sea de rechazo o aceptación (Schrepp, Hinderks, & Thomaschewski, 2017), por ende, se considera que la NAC fue aceptada por los usuarios.

Las categorías de transparencia, eficiencia y controlabilidad, son de *paradigmatic quality*; es decir, describen cualidades de interacción que se relacionan con las tareas u objetivos que el usuario pretende alcanzar cuando usa el producto (Schrepp, Hinderks, & Thomaschewski,

2017). Todas estas categorías tuvieron puntuaciones mayores a 2, esto quiere decir los usuarios consideran que la herramienta cumple con sus expectativas.

Las categorías de estimulación y novedad son aspectos de *hedonic quality*, es decir, describen aspectos relacionados con el placer o la diversión al usar el producto (Schrepp, Hinderks, & Thomaschewski, 2007), esta fueron las calificaciones más bajas, entre 1.9 y 1.2.

Con lo anterior se concluye que, en la experiencia de los usuarios, la NAC es altamente aceptada. Además del cuestionario, se solicitó a cada estudiante describir el sistema con 5 palabras, donde todos los participantes lo describieron como útil y rápido, la mitad dijeron que era eficiente y necesario.

6.6. Correcciones

Tomando en cuenta los resultados de la etapa de optimización y la evaluación de los obstáculos encontrados en la implementación del plan de migración. Se concluyó que debe hacer una corrección del plan de migración, y realizar en la primera etapa un análisis de la plataforma de VCL de la NAC como proveedor de servicio, donde se tomen en cuenta los aspectos de los servicios que ofrece, las necesidades que tiene los servicios de nube, controles en la nube, entre otros.

Capítulo 7: Conclusiones y trabajo a futuro

En esta investigación se desarrolló una propuesta de migración para los servicios de TI de la Facultad de Ingeniería a la NAC. Primero se realizó un análisis de los servicios de TI y su entorno, con el fin de tener el conocimiento necesario para la toma de decisiones en la migración, además se definió los obstáculos de la arquitectura actual que se esperaba mejorar con la migración a la NAC.

Luego se creó un plan de migración, el cual se basó en el estudio de varios métodos de migración existentes, principalmente de la propuesta descrita por Mohan (2011). Una característica que se buscó es que pudiera ser adaptable a los diferentes servicios con que cuenta las diferentes Unidades Académicas de la UCR.

Además, se creó un plan que tiene como característica principal el ser iterativo, esto nos permite hacer la migración de una manera gradual e ir encontrando los aspectos a mejorar con las diferentes experiencias.

Con los conocimientos generados en el análisis, se implementó el plan de migración para los servicios de TI. Con respecto a la experiencia de implementación del plan de migración, las etapas iniciales son fundamentales, realizar un buen diagnóstico del servicio nos lleva a tomar en cuenta todos los factores ya mencionados, y reduce las posibilidades de encontrar barreras en el momento de la migración y las pruebas.

En la evaluación de la migración se puede concluir, que los servicios en la NAC, ayudan a la mayoría de los obstáculos encontrados en los servicios actuales, donde el 65% de los problemas definidos en el análisis fueron solucionados y el 25% fueron mejorados, y solo el 10% no tuvo ninguna de las anteriores, esto equivale a solo dos obstáculos de los 20 definidos.

Los obstáculos se categorizaron en las tres aristas de estudio: infraestructura, *software* y gestión. La arista de *software* destaca ya que todos los obstáculos definidos tuvieron una solución o una mejoría. En el caso infraestructura fue que tuvo más obstáculos solucionados con siete de once y en gestión de los servicios tuvieron la mayoría de los obstáculos solucionados.

En cuestión monetaria, no se logró calcular el costo de los servicios en la NAC por falta de información, pero se realizaron comparaciones con los costos de los servicios de la nube en el mercado y lo servicios actuales. En conclusión, no hay evidencia que los servicios físicos sean más o menos costosos que los servicios en la nube, pero si nos demostró que la economía de la migración está en:

- En compras de equipos, se podría brindar el servicio sin la necesidad de hacer inversiones inmediatas de equipo físico.
- Aprovechamiento del servicio, la alta disponibilidad de los servicios de nube hace que el costo de la hora efectiva por año sea más bajo. Por esa razón se puede decir que la clave del bajo costo en la NAC está en aprovechar la plataforma.

Para medir el nivel de usabilidad de la NAC, se realizó una encuesta de experiencia de usuario, donde se concluyó que el usuario estaba satisfecho en las seis categorías de la encuesta, donde las categorías relacionadas con *paradigmatic quality*, que determina si el sistema cumple con las expectativas de los usuarios, tuvo más puntaje en comparación a las categorías de tipo *hedonic quality* que miden el nivel de atractivo del sistema.

En relación con el cumplimiento de los objetivos, se tienen los resultados descritos a continuación.

En el primer objetivo se propone identificar problemas actuales que tienen los servicios de TI de la Facultad y que se podrían resolver con la implementación en la nube. El cual ha sido

cumplido con la identificación de veinte obstáculos diferentes, repartidos en las aristas de estudio, donde once se encontraron para infraestructura, tres para *software* y seis en gestión.

El segundo objetivo propone definir una propuesta de migración a la nube de los servicios de TI, la cual podría servir como modelo para la futura migración en otras Unidades de la institución. En esta investigación se creó una propuesta de migración de cinco etapas, la cual tiene como características principales: ser adaptable a diferentes servicios, además propone un modelo iterativo para crear una migración gradual, donde se puede aprender y mejorar en cada iteración.

El tercer objetivo propone implementar un prototipo de solución en la nube para los servicios de TI identificados. Este objetivo se ha sido cumplido con implementación de la propuesta de migración para cuatro servicios definidos, en el cual se realizó cada etapa del modelo propuesto en una primera iteración y se tomaron dos cursos migrados como casos de pruebas.

El último objetivo propone validar la aplicabilidad de la propuesta de migración en la Facultad con base en los problemas identificados y su solución. El cual ha sido cumplido, ya que se evaluó la migración con respecto a los 20 obstáculos encontrados en el primer objetivo y se determinó que la mayoría fueron solucionados o mejorados con la migración.

7.1. Problemas encontrados

En la literatura no se encontró un estudio de este tipo de tecnología que fuera enfocado a educación superior, la mayoría son para migraciones de proveedores comerciales, lo cual hizo difícil la creación de un plan que se adaptara las necesidades, de un proveedor interno y entorno de enseñanza.

La NAC como plataforma está en proceso desarrollo y pruebas, el cual está muy avanzado, pero con el avance del proyecto se encontraron varios problemas, que el administrador de la

NAC tuvo que corregir, por esta razón la característica de un proceso incremental del plan de migración se adapta muy bien esta situación.

Se deben tener procedimientos que permitan el uso adecuado de los recursos, ya que en este tipo de plataforma se tiende a pensar que los recursos son infinitos, y en general no es así. Por esto la organización de los recursos es fundamental.

7.2. Trabajo a Futuro

Para trabajo futuro, se puede realizar una segunda iteración, con las siguientes características:

- Migrar todos los cursos de una Unidad Académica
- Migrar los servidores de licencias a la NAC
- Definir procedimientos para el control de los préstamos
- Crear un medio donde se pueda guardar y acceder a los instaladores de las aplicaciones, que se instalan en los laboratorios

Además, se debe incluir un estudio de las características de la NAC como proveedor de servicio, en la etapa de análisis.

La migración de los servicios de TI del Decanato de Ingeniería a la NAC es una parte muy pequeña de las múltiples utilidades de la NAC. Para trabajo futuro se puede ampliar de la siguiente manera.

- Gestionar archivos en la nube, por medio de una interfaz web, que permita compartir archivos entre usuarios, crear y distribuir documentos y diferentes contenidos, el cual brinde una solución confiable, donde brinde acceso a todos los datos desde cualquier lugar con Internet. Este se realiza por medio del Gestor de nube llamado Nextcloud.
- Uso de MV con la tecnología SDN (*Software Defined Networks*) para sustituir parcialmente la arquitectura física de red. Esto con el fin impartir cursos donde que necesite arquitectura de red.

- Uso de MV para procesamiento de grandes cantidades de datos.

Bibliografía

- Alkhalil, A., Sahandi, R., & John, D. (2016). A Review of the Current Level of Support to Aid Decisions for Migrating to Cloud Computing. *Association for Computing Machinery*, vol: 22-23.
- Amazon. (27 de 4 de 2020). *How to migrate*. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/cloud-migration/how-to-migrate/>
- Centro de Informática (UCR). (22 de octubre de 2019). *ci.ucr.ac.cr*. Obtenido de ci.ucr.ac.cr: https://ci.ucr.ac.cr/sites/default/files/adjuntos/inf-formativa-sus_propios_dispositivos.pdf
- Cisco. (s.f.). *Computación en la nube para la educación superior: Guía de evaluación y adopción*.
- CNFL. (1 de Julio de 2020). <https://www.cnfl.go.cr>. Obtenido de https://www.cnfl.go.cr:https://www.cnfl.go.cr/documentos/direccion_comercializacion/resumen_tarifas.pdf
- electricmonk. (6 de Abril de 2018). <http://www.electricmonk.org.uk/>. Obtenido de <http://www.electricmonk.org.uk:>
<http://www.electricmonk.org.uk/2018/04/06/whats-going-on-with-vmware-transparent-page-sharing/>
- Gloogle Cloud. (27 de Julio de 2020). <https://cloud.google.com>. Obtenido de <https://cloud.google.com:https://cloud.google.com/products/calculator#id=ca196eca-436b-4339-ba90-4e720ae99838>
- Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2008). Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. *Presented at the HCI and Usability for Education and Work*, 63–76.

- Li, P., & Toderick, L. (2010). Cloud in Cloud – Approaches and Implementations. *SIGITE'10 - Proceedings of the 2010 ACM Conference on Information Technology Education*, 105-110.
- Marín, C. (24 de Mayo de 2018). *intersystems*. Obtenido de intersystems: <https://www.intersystems.com/cl/news-events/news/news-item/la-nube-avanza-a-su-consolidacion/>
- Melhem, S. B., Daradkeh, T., Agarwal, A., & Goel, N. (2015). Virtual Computing Lab (VCL) Open Cloud Deployment. *International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*.
- Microsoft Azure. (27 de Julio de 2020). <https://azure.microsoft.com>. Obtenido de <https://azure.microsoft.com>: <https://azure.microsoft.com/es-es/pricing/calculator/>
- Mohan, T. (2011). MIGRATING INTO A CLOUD. En R. Buyya, J. Broberg, & A. Goscinski, *CLOUD COMPUTING Principles and Paradigms* (págs. 42-55). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Moothoor, J., & Bhatt, V. (15 de 01 de 2010). *IBM*. Obtenido de <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/websphere/library/ws-vcl/index.html>
- Morales Castro, C., & Torres Balcázar, A. (2017). Cloud computing: modelo de innovación en un laboratorio de cómputo. *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad ISSN 2448 - 6493*.
- Olszak, C. (2014). Polish journal of management studies . *Business intelligence in cloud*, 117.
- Primorac, C. (5 de 5 de 2020). *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE*. Obtenido de http://exa.unne.edu.ar/informatica/SO/primorac_monografia_computacion_en_nube.pdf

- Red Hat. (22 de agosto de 2020). <https://www.redhat.com>. Obtenido de [https://www.redhat.com: https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/what-is-cloud-management](https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/what-is-cloud-management)
- Schrepp, M., Hinderks, A., & Thomaschewski, J. (2017). Design and Evaluation of a Short Version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S). *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 104.
- Toledo, F. (2014). Introducción a las pruebas de sistemas de información. 24-41.
- UCR. (2018). *MANUAL PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LA VICERECTORÍA DE INVESTIGACIÓN*. San José.
- UCR. (Julio de 2019). <https://orh.ucr.ac.cr>. Obtenido de https://orh.ucr.ac.cr: https://orh.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/05/escala_administrativa_julio_2019_0.pdf
- UCR. (9 de Marzo de 2020). <https://becas.ucr.ac.cr>. Obtenido de <https://becas.ucr.ac.cr: https://becas.ucr.ac.cr/monto-de-ayuda-estudiantil/>
- UEQ Team. (s.f.). <https://www.ueq-online.org/>. Obtenido de <https://www.ueq-online.org/>.
- Urueña, A., Ferrari, A., Blanco, D., & Valdecasa, E. (2012). *Cloud Computing. Retos y Oportunidades*.

8: Anexos

Anexo 8.1: ejecución de modelo de selección de procedimiento (Servicios)

Servicio de préstamo de una aplicación con licencia privada

1. ¿Es el modelo de negocio vertical? Sí
2. ¿Existen procesos de diferenciación? No
3. ¿Existen obstáculos a la externalización? No
4. ¿Existen obstáculos a la adopción de soluciones *cloud*? No
5. ¿Es el *cloud computing* compatible con el principal impulsor del negocio? Si

Servicio de Préstamo de equipo de cómputo para trabajos y tareas.

1. ¿Es el modelo de negocio vertical? Sí
2. ¿Existen procesos de diferenciación? No
3. ¿Existen obstáculos a la externalización? No
4. ¿Existen obstáculos a la adopción de soluciones *cloud*? No
5. ¿Es el *cloud computing* compatible con el principal impulsor del negocio? Si

Servicio de Préstamo de laboratorio de cómputo del Decanato de Ingeniería

1. ¿Es el modelo de negocio vertical? Sí
2. ¿Existen procesos de diferenciación? No
3. ¿Existen obstáculos a la externalización? No
4. ¿Existen obstáculos a la adopción de soluciones *cloud*? No
5. ¿Es el *cloud computing* compatible con el principal impulsor del negocio? Si

Servicio de Préstamo de Servidores de TI

1. ¿Es el modelo de negocio vertical? Sí
2. ¿Existen procesos de diferenciación? No
3. ¿Existen obstáculos a la externalización? No
4. ¿Existen obstáculos a la adopción de soluciones *cloud*? No
5. ¿Es el *cloud computing* compatible con el principal impulsor del negocio? Si

Anexo 8.2: cuestionario UEQ para evaluación de experiencia de usuario.

Por favor dé su opinión.

Con el fin de evaluar el producto, por favor, rellene el siguiente cuestionario. Se compone de pares opuestos de las propiedades que pueden tener el producto. Las gradaciones entre los opuestos están representadas por cuadros. Marcar uno de estos cuadros, usted puede expresar su aprobación de un concepto.

Ejemplo:

atractivo	x							feo
-----------	---	--	--	--	--	--	--	-----

Sexo: M ____ F ____

Edad:

Por favor dé su evaluación actual del producto. Por favor, marque sólo un círculo por línea.

	1	2	3	4	5	6	7		
desagradable								agradable	1
no entendible								entendible	2
creativo								sin imaginación	3
fácil de aprender								difícil de aprender	4
valioso								de poco valor	5
aburrido								emocionante	6
no interesante								interesante	7

impredecible								predecible	8
rápido								lento	9
original								convencional	10
obstructivo								impulsor de apoyo	11
bueno								malo	12
complicado								fácil	13
repeler								atraer	14
convencional								novedoso	15
incómodo								cómodo	16
seguro								inseguro	17
activante								adormecedor	18
cubre expectativas								no cubre expectativas	19
ineficiente								eficiente	20
claro								confuso	21
no pragmático								pragmático	22
ordenado								sobrecargado	23
atractivo								feo	24
simpático								antipático	25
conservador								innovador	26

Describe el sistema en 5 palabras

Anexo 8.3: distribución de los laboratorios de cómputo de la Facultad

Unidades Académicas	Cantidad de laboratorios de cómputo	Cantidad de laboratorios Listos para Impartir clases	Cantidad por equipos por laboratorio	Cantidad de equipos modelo G3	Cantidad de equipos modelo G2	Cantidad de equipos modelo 9020	Sin equipos
Decanato de Ingeniería	3	2	97	60	37	0	0
Ingeniería Mecánica	5	1	180	30	0	0	150
Ingeniería Civil	3	1	72	36	0	36	0
Ingeniería Biosistemas	2	2	56	36	0	0	20
Ingeniería Topográfica	1	2	36	36	0	0	0
Ingeniería Química	1	1	50	30	0	0	20
Ingeniería Industrial	1	1	36	36	0	0	0
Total	16	10	527	264	37	36	190

Tabla 8.1 Distribución de los laboratorios de cómputo de la Facultad

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8.4: cálculo de costos de la Infraestructura por año.

La metodología para calcular en el manual para la estimación de costos de la vicerrectoría de investigación de la UCR (UCR, 2018), se tomaron en cuenta las siguientes bases:

- Los precios de los activos se obtuvieron de distintos medios como: órdenes de compra del activo, estándares presupuestarios establecidos por la oficina de suministros, cotizaciones del mismo activo en lugares externos y cotizaciones de los activos similares en el mercado.
- Tipo de cambio que se utilizó fue de 571,23 colones por dólar, establecido por el Banco Nacional a la fecha de 26 de noviembre 2019.
- La vida útil de los equipos de los laboratorios se calculó en un plazo de 4 años y 5 años para servidores.
- Se toma en cuenta que los días de trabajo son en un mes es de 30 días, 8 horas por día y 365 días al año.
- Para el cálculo precio por hora del recurso humano, salario por mes dividido en 30 días, dividido en 8 horas.
- El tiempo de uso de los equipos se calcula 83 horas por semana, 49 semana, 4067 horas al año (52 semanas menos 2 de vacaciones y 1 de semana santa)
- Las horas de un año son 8760h
- La electricidad se calcula por el consumo eléctrico del equipo actual en el laboratorio.
- El costo del mantenimiento de los aires acondicionados se tomó del cronograma anual de mantenimiento de A-C 2019 del fideicomiso suministrado por Julio Vargas coordinador del Taller de Refrigeración de la Sección de Maquinaria y Equipo de la UCR.
- El método de cálculo de depreciación es el de línea directa: Costo – valor de desecho entre años de vida útil

Métodos de cálculo de costos de los Activos

En las siguientes tablas se mostrará el desglose detallado de los costos del equipo interno de servidores y de cómputo que cuenta el Decanato de Ingeniería, utilizando la metodología anterior, además del cálculo de la depreciación por año.

Costo de los Activos y su depreciación			
<i>Hardware de los laboratorios</i>			
Equipo	Precio	Vida útil	Depreciación
Un equipo completo con Monitor	\$811	4 años	\$202,75
Proyector	\$600	4 años	\$150
<i>Hardware de los servidores</i>			
Servidores	Precio	Vida útil	Depreciación
Pacuare (Servidor de licencias, LDAP y WEB)	\$12482.71	5 años	\$2496.542
Savegre (Servidores web y monitoreo)	\$12482.71	5 años	\$2496.542
Telire (Servidor de <i>Backup</i>)	\$12482,71	5 años	\$2496.542
WSANSYS (Servidor de licencias)	\$811	4 años	\$202,75
Aulas-PC (Servidor de licencias)	\$760	4 años	\$190
Bastidor	\$644,31	10 años	\$64,4
UPS	\$958.51	4 años	\$239.62
<i>Switch</i>	\$1996.67	4 años	\$499,16
Total depreciación por año			\$8,683.93

Tabla 8.2 Costo de los Activos y su depreciación

Fuente: Elaboración Propia

Método de cálculo del consumo eléctrico

Para calcular el costo energético se tomó el gasto en KWh de cada uno de los activos involucrados y se multiplica por \$1.0459, que es la tarifa de 49.79 colones por KWh extra para un consumo mayor de 3000 KWh en una institución educativa superior según la Compañía Nacional de Fuerza y luz. Convertida a dólares y multiplicada por los 12 meses del año.

Tarifa Preferencial de Carácter Social T-CS	
Consumo menor o igual a 3000 kWh cada kWh	86,46
Clientes con consumo de Energía	
Consumo de Energía kWh	
Bloque de 0-3000 kWh Cargo Fijo	¢149.370,00
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	¢49,79
Por consumos de potencia kW	
Bloque de 0-8 kW Cargo Fijo	¢64.480,72
Bloque mayor a 8 kW cada kW	¢8.060,09

Figura 8.1 Tarifa preferencial del carácter social T-CS

Fuente: (CNFL, 2020)

En la tabla se calcula el consumo de eléctrico máximo de los activos, se clasifica por cuarto de servidores, laboratorios de 36 y 25 equipos, los datos se tomaron de las especificaciones de consumo de cada activo o se realizó una investigación de consumo promedio de un equipo similar.

Cálculo del consumo eléctrico de los activos en el cuarto de servidores			
Activo	Consumo a Kw/h	Cantidad	Consumo total en Kw/h
Servidores Dell	550 w a 0.55 Kw/h	2	1,100 w a 1.1 Kw/h
Servidor HP	800w a 0.8 Kw/h	1	800w a 0.8 Kw/h

<i>Switch</i>	72w a 0.072 Kw/h	1	72w a 0.072 Kw/h
PC	250w a 0.25 Kw/h	2	500w a 0.5 Kw/h
Total	2.472 Kw/h		

Tabla 8.3 Cálculo del consumo de los activos en el cuarto de servidores

Fuente: Elaboración Propia

Laboratorio de Cómputo de 36 equipos (Laboratorio 1 y 2 del Decanato de Ingeniería)			
Activo	Consumo a Kw/h	Cantidad	Consumo total en Kw/h
PC	250 w a 0.25 Kw/h	36	9000 w a 9 Kw/h
Monitor	35w a 0.035 Kw/h	36	1260 w a 1.26 Kw/h
Proyector	300w a 0.3 Kw/h	1	300w a 0.3 Kw/h
Total	10.56 Kw/h		

Tabla 8.4 Consumo eléctrico de laboratorio de cómputo 36

Fuente: Elaboración Propia

Laboratorio de Cómputo de 25 equipos (Laboratorio 3 del Decanato de Ingeniería)			
PC	250 w a 0.25 Kw/h	25	6250 w a 6.25 Kw/h
monitor	35w a 0.035 Kw/h	25	875 w a 0.875 Kw/h
Proyector	300w a 0.3 Kw/h	1	300w a 0.3 Kw/h
Total	7.425 Kw/h		

Tabla 8.5 Consumo eléctrico de laboratorio de cómputo 36

Fuente: Elaboración Propia

Método de cálculo del servicio de Mantenimiento de aires acondicionados

Descripción	Cantidad de recintos importantes	Total de costo del mantenimiento por año		Costo por recinto por año
Mantenimiento de Aires Acondicionados	16 laboratorios 2 mini auditorios	\$12,473.60		\$692.94

Tabla 8.6 Costos de mantenimiento de aires acondicionados

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de Costos de la infraestructura del cuarto de servidores y los laboratorios

En las siguientes tablas se mostrará el desglose detallado del costo anual del espacio físico de los cuartos de servidores y los laboratorios de cómputo:

Costo de los cuartos de servidores por año			
Activos			
Total depreciación de los activos del cuarto servidores por año			\$8,683.93
Servicios			
Servicios	Total de Consumo Kw/h de los activos	Tarifa T-CS del ICE	Precio por año
Electricidad	2.472 Kw/h	\$1.0459	\$2.58
Recurso Humano			
Actividad/Mano de obra	Cantidad Media	Costo unitario	Costo total por año
Limpieza (Operativo B)	1 h por año	\$2.96 por hora	\$2.96
Total de costo de cuarto de servidores por año			\$8,689.47

Tabla 8.7 Costo del cuartos de servidores por año

Fuente: Elaboración Propia

Costo por año de los laboratorios de 36 equipos			
Activos			
Activo	Precio unitario	Vida útil	Depreciación por año
36 equipo completos con Monitor	\$29,196	4 años	\$7,299
Proyector	\$600	4 años	\$150
Switch de Instalación	\$84,58	4 años	\$21.145

Disco externo	\$98.45	4 años	\$24.61
Total de activos para laboratorio de 36 maquinas			7,494.755
Servicios			
Servicios	Total de Consumo kW/h de cada activo	Tarifa empresarial del ICE	Precio por año
Electricidad	10.56 kh/h	\$1.0459	\$11.04
Mantenimiento de Aires por año y por recinto			\$692.94
Costo del cuarto de servidores dividido entre los 3 laboratorio del Decanato de Ingeniería.			\$2,896.49
Recurso Humano			
Actividad/Mano de obra	Cantidad Media	Costo unitario	Costo total por año
Limpieza (Operativo B)	254 por año (5 horas por semana)	\$2.96 por hora	\$751.84
Total de costo por año Laboratorios de 36 equipos			\$11,847.06

Tabla 8.8 Costo por año de los laboratorios de 36 equipos

Fuente: Elaboración Propia

Costo por año de los laboratorios de 25 equipos			
Activos			
Activo	Precio unitario	Vida útil	Depreciación por año y por 25 equipos
25 equipos completo con Monitor	\$20,275	4 años	\$5,068.75
Proyector	\$600	4 años	\$150
Switch de Instalación	\$84,58	4 años	\$21.145
Total de activos para laboratorio de 25 maquinas			5,239.89
Servicios			
Servicios	Total de Consumo Kw/h de cada activo	Tarifa empresarial del ICE	Precio por año
Electricidad	7.425 kh/h	\$1.0459	\$7.76
Mantenimiento de Aires por año y por recinto			\$692.94
Costo del cuarto de servidores dividido entre los 3 laboratorio del Decanato de Ingeniería.			\$2,896.49
Recurso Humano			
Actividad/Mano de obra	Cantidad Media	Costo unitario	Costo total por año
Limpieza (Operativo B)	254 por año (5 horas por semana)	\$2.96 por hora	\$751.84
Total de costo por año Laboratorios de 25 equipos			\$9,588.92

Tabla 8.9 Costo por año de los laboratorios de 25 equipos

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8.5: servidores del Decanato de Ingeniería

El Decanato de Ingeniería cuenta con cinco equipos físicos en los cuales están instalados los servidores de la Facultad, dos son computadoras de escritorio que se obtuvieron de equipos salientes de un laboratorio de cómputo, los otros tres son servidores del rendimiento intermedio según los estándares definidos por el Centro de Informática.

Los Servidores de nombre Savegre (Dell PowerEdge R430) y Pacuare (Hp ProLiant DL360 Gen9) son los servidores de rendimiento intermedio con Sistema Operativo en Debian, que funciona para alojar servidores virtualizados. Pacuare tiene cinco máquinas virtuales: Servidor de dominios (LDAP), Servidor Web para desarrollo de aplicaciones, Owncloud, Servidor web público y Servidor de licencias, mientras Savegre tiene tres máquinas virtuales: un servidor de Topografía, servidor web interno y servidor de monitoreo. Telire (Dell PowerEdge R430) es un servidor de rendimiento intermedio con Sistema Operativo en Debian, igual que los anteriores, pero este no está virtualizado se utiliza para acceso a almacenamiento de información, ejemplo imágenes, carpetas compartidas entre otros. Los servidores WSANSYS (HP ProDesk 600G2) y Aulas-PC (Dell 7010), máquinas de escritorio que contienen servidores de licencias.

Anexo 8.6: cálculo de costos de *software*

Cálculo de costos de amortización de las licencias del Decanato de Ingeniería por año, para calcular por hora se divide entre 8760 que es la cantidad de horas por año

Costo de los activos de <i>software</i>				
Aplicación	Tipo de licencia	Precio del contrato UCR	Mantenimiento por año	Amortización por año y por una licencia
Matlab	Licencias de campus	Sin información	Sin información	Sin información
AutoDesk	Licencias de campus	Sin información	Sin información	Sin información
ArcGIS	Licencias de campus	Sin información	Sin información	Sin información
SolidWorks	Licencias limitadas concurrentes (600 licencias)	\$6000	\$5500 por año	\$6000
Unisim	Licencias limitadas concurrentes (100 licencias)	Gratis académica	Gratis académica	Gratis académica
ANSYS	Licencias limitadas concurrentes (25 licencias de por vida)	Gratis académica	\$5000 por año	\$5000
AspenONE	Licencias limitadas concurrentes (150 licencias)	\$6000	3 años	\$2000
COMSOL	Licencias limitadas concurrentes (30 licencias)	Sin información	Sin información	Sin información
Windows Server	1 licencia para los servidores	Sin información	Sin información	Sin información
Windows 10	Licencias para los equipos	Viene incluida con los equipos		

Tabla 8.10 Costo de los activos de *software*

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8.7: cálculo costos de gestión

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
VICERRECTORIA DE ADMINISTRACION
OFICINA DE RECURSOS HUMANOS
Escala Salarial para el Sector Administrativo
JULIO 2019

Código	Descripción de Clase	Categoría	Salario base	Escalafones			
				Tope	%	Monto	Total % escal.
5020	Trabajador operativo A	1	394.871,00	10	5,34	21.086,10	53,40
5040	Trabajador operativo B	2	406.575,00	10	5,26	21.385,80	52,60
5060	Trabajador operativo C	3	412.555,00	11	5,21	21.494,10	57,31
5080	Tecnico asistencial A	4	428.854,00	11	5,08	21.785,80	55,88
5100	Tecnico asistencial B	5	462.153,00	11	4,86	22.460,60	53,46
5120	Tecnico especializado A	6	478.999,00	12	4,74	22.704,60	56,88
5140	Tecnico especializado B	7	509.803,00	12	4,68	23.858,80	56,16
5160	Tecnico especializado C	8	549.258,00	12	4,59	25.210,90	55,08
5180	Tecnico especializado D	9	606.570,00	12	4,50	27.295,70	54,00
5200	Profesional A	10	723.712,00	13	4,32	31.264,40	56,16
5220	Profesional B	11	819.962,00	13	4,19	34.356,40	54,47
5240	Profesional C	12	910.853,00	14	4,06	36.980,60	56,84
5260	Profesional D	13	946.506,00	14	3,99	37.765,60	55,86
5280	Jefe A	14	993.435,00	14	3,90	38.744,00	54,60
5300	Jefe B	15	1.089.514,00	15	3,74	40.747,80	56,10
5320	Director	16	1.258.114,00	16	3,48	43.782,40	55,68
5340	Director ejecutivo	17	1.338.346,00	16	3,34	44.700,80	53,44

Fuente: Oficina de Planificación Universitaria

Figura 8.2 Escala salarial UCR

Fuente: (UCR, 2019)

Monto de Ayuda Estudiantil

RÉGIMEN BECARIO (Valor de la **hora mensual**, rige a partir del 09 de marzo 2020)

	Horas Estudiante	Horas Asistente	Horas Asist. Graduado
1	¢ 5.690,00	¢11.380,00	¢17.070,00

Figura 8.3 Monto de ayuda estudiantil

Fuente: (UCR, 2020)

Tiempos de instalación promedio sin (inconvenientes) para cálculo de costos de mano de obra			
Aplicación	Tiempo de instalación		
	Tiempo de configuración en horas	Tiempo de espera en instalación en horas	Tiempo de configuración de post instalación
Matlab	15 min	2 horas	5 min
SolidWorks	5 min	1 horas	0 horas
AutoCAD	30 min	20 min	1 horas
ArcGIS	5 min	30 min	5 min
COMSOL	5 min	1 hora	5 min
Unisim	5 min	20 min	5 min
ANSYS	10 min	1.5 horas	5 min
AspenONE	5 min	1 hora	5 min
Windows 10	30 min	1.5 horas	3 horas
Total	1 horas y 50 minutos	9 horas y 10 minutos	4 horas y 30 minutos
Total	15 horas y 30 minutos		

Tabla 8.11 Cálculo de costos de mano de obra

Fuente: Elaboración Propia

Costos de Configuración, Administración técnica y Mantenimiento

Se toma en cuenta que los días de trabajo son en un mes es de 30 días, 8 horas por día y 365 días al año.

El tiempo de uso de los equipos se calcula 83 horas por semana, 49 semanas (52 semanas menos 2 de vacaciones y 1 de semana santa)

Reconfiguraciones de servidores de hace cada 3 años hace por año

Recurso Humano por año				
Gestión de servidor de LDAP				
Actividad	Mano de obra	Cantidad Media	Costo unitario	Costo total
Mantenimiento del Servidor de LDAP	Técnico Especializado D	122,5 horas por año	\$4.42	\$541.45
Configuración e instalación del Servidor de LDP	Técnico Especializado D	11.66 horas por año	\$4.42	\$51.53
Creación de cuentas, limpiar cuentas	Profesional A	6 hora por año	\$5.27	\$34.62
Limpiar espacio en el server de cuotas	Profesional A	9 horas por año	\$5.27	\$51.93
Total por año				\$679.53
Gestión de servidor de Backup				
Mantenimiento del Servidor	Técnico Especializado D	122,5 horas por año	\$4.42	\$541.45

Configuración e instalación del Servidor	Técnico Especializado D	1.66 horas por año	\$4.42	\$7.33
Total por año				\$548.78
Gestión de servidor Web				
Mantenimiento del Servidor	Técnico Especializado D	122,5 horas por año	\$4.42	\$541.45
Configuración e instalación del Servidor	Técnico Especializado D	1 hora por año	\$4.42	\$4.42
Total por año				\$545.87
Gestión de servidor de licencias				
Mantenimiento del Servidor	Técnico Especializado D	122,5 horas por año	\$4.42	\$541.45
Actualización de la versión de licencia	Profesional A	10 hora por año	\$5.27	\$527
Configuración e instalación del Servidor	Técnico Especializado D	1.66 hora por año	\$4.42	\$7.33
Total por año				\$601.48
Instalación del Laboratorio de 36 maquinas				
Definir aplicaciones y obtener instaladores	Horas Asistente	24 horas por año	\$19.92	\$478.08
Instalar maquina principal	Técnico Especializado D	15,5 horas por año	\$4.42	\$68.51

Creación de la imagen de origen	Técnico Especializado D	8 horas por año	\$4.42	\$35.36
Clonación de los equipos	Técnico Especializado D	20 horas por año	\$4.42	\$88.4
Revisión, configuración e instalación final de las máquinas clonadas	Horas Asistente	24 horas por año	\$19.92	\$478.08
Total de por año				\$1148.43
Mantenimiento del laboratorio				
Mantenimiento Periódico por semana	Horas Asistente	2 horas por semana en 49 semana = 98 horas por año	\$19.92	1952.16
Mantenimiento Preventivo 2 veces por año	Horas Asistente	8 horas por año	\$19.92	\$159.36
Total por año				\$2111.52
Mantenimiento de Licencias				
Control de préstamo de licencia a usuarios	Profesional A	10 horas por año	\$5.27	\$52.7
Total por año				\$52.7

Tabla 8.12 Costos de gestión

Fuente: Elaboración Propia

Recurso Humano por año en la NAC				
Gestión de servidor Web				
Mantenimiento del Servidor	Técnico Especializado D	122,5 horas por año	\$4.42	\$541.45
Configuración e instalación del Servidor	Técnico Especializado D	1 hora por año	\$4.42	\$4.42
Total por año				\$545.87
Gestión de servidor de licencias				
Mantenimiento del Servidor	Técnico Especializado D	122,5 horas por año	\$4.42	\$541.45
Actualización de la versión de licencia	Profesional A	10 hora por año	\$5.27	\$527
Configuración e instalación del Servidor	Técnico Especializado D	1.66 hora por año	\$4.42	\$7.33
Total por año				\$601.48
Instalación del Laboratorio de 36 maquinas				
Definir aplicaciones y obtener instaladores	Horas Asistente	24 horas por año	\$19.92	\$478.08
Instalar maquina principal	Técnico Especializado D	15,5 horas por año	\$4.42	\$68.51
Revisión, configuración e instalación final de las MV	Horas Asistente	3 horas por año	\$19.92	\$59.76
Total de por año				\$606.35
Total				\$1753.7

Tabla 8.13 Costos de gestión en la NAC

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8.8: resultados de casos de prueba

Nombre de caso de pruebas		dependencias de software (aplicaciones con licencia privada)
Ejecutor del caso de pruebas	Priscilla Castro Muñoz	Caso de prueba 1
Propósito: Probar el funcionamiento de las 8 aplicaciones con licencia privada, que tiene el Decanato de Ingeniería en una MV y de segundo se busca probar el acceso de las MV a los servidores de licencia actuales		
Precondiciones: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tener una MV con 8 de RAM, 4 procesadores y 50 GB de almacenamiento 2. Tener un usuario de acceso a la MV 3. Tener un usuario VPN 4. Tener los instaladores de las 8 aplicaciones 		
Descripción de las Acciones y/o condiciones para las pruebas		
#	Acciones	Resultado Esperado
1	Conectase a la VPN con el usuario	Poder ingresar a la red interna de la UCR
2	Acceder a la MV	Poder ingresar a la MV con privilegios de instalación.
3	Descargar la aplicación a en la MV	Poder pasar los instaladores de la aplicación a la MV
4	Instalar la aplicación en la MV	Poder hacer el proceso de instalación sin inconvenientes
5	Conectar la aplicación al servidor de licencias respectivo	La aplicación se debe obtener una licencia del servidor de licencias.
6	Correr la aplicación instalada	Se de poder ejecutar la aplicación e ingresar al sistema sin errores.
7	Desinstalar la aplicación en el panel de control y borrar archivos de instalación	La aplicación se debe poder desinstalar sin errores
8	Repetir los pasos 2 a 6 con cada aplicación.	No mostrar errores en ninguno de los pasos
Resultados del caso de pruebas		
Se obtuvieron los resultados esperados en las aplicaciones de Matlab, ArcGIS, SolidWorks, Unisim, ANSYS, COMSOL y AspenONE		
No se pudo hacer la prueba con la licencia de AutoCAD, ya que se en ese momento el CI cambio el método de licenciamiento de la aplicación.		

Tabla 8.14 Caso de prueba 1

Fuente: Elaboración Propia

Nombre de caso de pruebas		dependencia de Infraestructura (componente de autenticación)
Ejecutor del caso de pruebas	Priscilla Castro Muñoz	Caso de prueba 2
Propósito: Verificar la funcionalidad de acceso y la autenticación del usuario del Decanto en los servicios de la NAC		
Precondiciones: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tener un usuario VPN 2. Tener un usuario de la UCR activado en la VCL 3. El usuario tiene una imagen asignada para reservar 		
Descripción de las Acciones y/o condiciones para las pruebas		
#	Acciones	Resultado Esperado
1	Conectase a la VPN con el usuario	Poder ingresar a la red interna de la UCR
2	Ingresar a la dirección https://vcl.nac.ucr.ac.cr/	La disponibilidad de la aplicación
3	Ingresar con el usuario y contraseña institucional.	Hacer <i>login</i> con el usuario y contraseña institucional
4	Tener una imagen asignada para ser reservada	Verificar que se tenga una imagen asignada que se pueda reservar.
Resultados del caso de pruebas		
Se lograron los pasos 1,2, y 4 con éxito, pero en EL paso 3 se ingresó con el usuario institucional, pero con una contraseña diferente, ya que la plataforma no está conectada al LDAP de la NAC.		
Comentarios: Se debe hacer esta prueba de nuevo cuando la plataforma esté conectada al dominio de la NAC		

Tabla 8.15 Caso de prueba 2

Fuente: Elaboración Propia

Nombre de caso de pruebas		dependencia de Infraestructura (componente de Aplicación)
Ejecutor del caso de pruebas	Priscilla Castro Muñoz	Caso de prueba 3
Propósito: verificar que el usuario activado en el caso de pruebas 2, pueda hacer una reserva de una máquina MV		
Precondiciones: <ol style="list-style-type: none"> 1. Ejecutar el caso de pruebas 2 2. Tener un usuario VPN 		
Descripción de las Acciones y/o condiciones para las pruebas		
#	Acciones	Resultado Esperado
1	Crear la reserva de la imagen para ser utilizada en el momento por 1 hora	El VCL acepte crear la maquina
2	Se creó la MV	La disponibilidad de la aplicación
3	Ingresa a la MV	Hacer <i>login</i> con el usuario y contraseña institucional
4	Probar que esta tenga internet (ingreso a Google por un navegador)	Se pueda visualizar Google
Resultados del caso de pruebas		
En primera instancia se tuvo problemas con el usuario con que se ingresa a la MV, pero luego de contactar con el administrador de la NAC, Se todos se realizaron con éxito, la maquina duro un aproximado de 3 minutos en crearse,		
Comentarios: Se debe hacer más pruebas de diferentes escenarios de reservas.		

Tabla 8.16 Caso de prueba 3

Fuente: Elaboración Propia

Nombre de caso de pruebas		servicio de préstamo de una MV con características de hardware y/o software a medida	
Ejecutor del caso de pruebas		Priscilla Castro Muñoz	Caso de prueba 4
Propósito: verificar el uso de una MV, con el hardware a medida para realizar una tarea			
Precondiciones: <div><div>1.</div>Tener una MV con 8 de RAM, 4 procesadores y 50 GB de almacenamiento</div> <div><div>2.</div>Tener un usuario VPN</div> <div><div>3.</div>Tener un usuario local para la MV</div>			
Descripción de las Acciones y/o condiciones para las pruebas			
#	Acciones	Resultado Esperado	
1	Ingresar a la MV por medio de escritorio remoto con el usuario local	Ingresar a la MV con el usuario local	
2	Ejecutar caso de prueba 1	Poder utilizar la MV por tiempo indefinido durante varios días	
Resultados del caso de pruebas			
Se logró utilizar la MV por el tiempo necesario.			
Comentarios: El disco creció hasta los 150 GB, por los archivos de las aplicaciones			

Tabla 8.17 Caso de prueba 4

Fuente: Elaboración Propia

Nombre de caso de pruebas		Servicio de reserva de MV para clases y tareas
Ejecutor del caso de pruebas	Priscilla Castro Muñoz	Caso de prueba 5
Propósito: Verificar la funcionalidad de utilizar MV para los cursos SP6201 Métodos de elementos finitos y el curso SP6200 Análisis Numérico, los cuales tiene como requerimientos el uso de las aplicaciones ANSYS y Matlab, respectivamente.		
Precondiciones: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tener 5 MV con la imagen para estos cursos 2. Tener usuarios VPN para cada estudiante 3. Tener un usuario local para la MV 		
Descripción de las Acciones y/o condiciones para las pruebas		
#	Acciones	Resultado Esperado
1	Indicar como se utiliza las MV y la VPN	Funcionar las VPN en los equipos de los estudiantes y abrir la MV
2	Los estudiantes ingresaron su MV con el usuario asignado	Poder utilizar la MV por tiempo indefinido durante varios días
3	Corrieron sus prácticas en las aplicaciones requeridas para la clase	La aplicación se ejecutó sin ningún inconveniente
4	Se desconectaron de la maquina al finalizar la clase	Desconectar de la MV sin que esta se destruya.
Resultados del caso de pruebas		
El caso de prueba se logró ejecutar con éxito después de 2 intentos		
Comentarios: Se tuvo problemas con el servidor de licencias de ANSYS, ya que en el edificio de la Facultad de ingeniería se le desconecto la electricidad y la planta eléctrica, por ende, los servidores estuvieron pagados por 4 días des un viernes hasta el lunes. Se debe migar los servidores del Decanato de Ingeniería a la nube, además, se debe hacer otro escenario donde utiliza las máquinas por medio de una reserva y no por máquinas predefinidas, esto no realizó en este caso de pruebas por que la plataforma de reservas no estaba en funcionamiento con el LDAP de la NAC.		

Tabla 8.18 Caso de prueba 5

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8.9: cuadros de obstáculos

#	Obstáculo en la Infraestructura en la actual	Infraestructura en la nube	Se presentó mejoría o solución
1	Desaprovechamiento del espacio de los laboratorios de cómputo.	En caso de los laboratorios sin equipos, se puede impartir lecciones con el método <i>Bring Your Own Device</i> (traiga su propio dispositivo) y aprovechar el espacio, la conexión de red y la conexión eléctrica para los estudiantes usen las MV con una maquina configurada especial para el curso (Centro de Informática (UCR), 2019)	Si, solución
2	Inflexibilidad en la cantidad de equipos para préstamo en laboratorios	Se prestan la cantidad justa de MV para cada situación, El máximo de máquinas está limitado los recursos disponibles de la NAC.	Si, solución
3	Inflexibilidad en el hardware de los laboratorios de cómputo.	Se pueden crear MV con el hardware necesario para cada situación con el fin de aprovechamiento de los recursos.	Si, solución
4	Pocos espacios para préstamo de equipos para tareas	Se puede prestar MV para la realización de tareas donde en un momento donde se pueden usar más de 25 equipos simultáneos.	Si, mejoría porque hay que tomar en cuenta que las reservas para clases tienen prioridad.
5	Frecuente renovación de equipos de cómputo de los laboratorios	Al utilizar MV con sistemas con altas demandas de hardware se puede cambiar el equipo con menos frecuencia.	Si, mejoría por siempre es necesario tener un equipo actualizado para los laboratorios.
6	Subutilización de equipo de respaldo en caso de fallos del hardware de laboratorios	En el caso de las máquinas de respaldo siempre deben existir ya lo los laboratorios físicos no van dejar de utilizarse.	No
7	Inflexibilidad en la red de los laboratorios	La NAC tiene flexibilidad de configuración de red en la MV, esta se adapta a las necesidades de cada caso.	Si, solución
8	Deficiencia en el alojamiento físico de los servidores	Los servidores que se encuentre instalados en un MV, van estar en el <i>Data Center</i> de la Universidad de Costa Rica, donde no se tiene las deficiencias actuales de los cuartos de servidores del Decanato de Ingeniería.	Si, solución

9	Insuficiencia en el hardware de los servidores	En la NAC la creación de MV para servidores está limitado a los recursos misma, pero sus beneficios de elasticidad y flexibilidad de recurso, permiten que posibilidad de existencia de recurso sea más alta	Si, mejoría tiene más posibilidades de tener recurso
10	Desaprovechamiento de los recursos de hardware de los servidores	La característica de Repositorio de recursos del servicio en la nube, permite la asignación de recursos bajo demanda, de esta manera se utiliza los recursos necesarios.	Si, solución
11	Actualización del hardware de los servidores	La característica de Rápida elasticidad, permite aprovisionar y liberar elásticamente, según la demanda. Esto hace que la actualización de hardware se mas fácil.	Si, solución

Tabla 8.19 Obstáculos de la infraestructura actual

Fuente Elaboración Propia

#	Obstáculo en el software actual	Software en la nube	Se presentó mejoría o solución
1	Inflexibilidad en el uso de diferentes plataformas de S.O.	Se pueden tener diferentes MV con diferentes con S.O., ya se Windows o Linux	Si, solución
2	Limitación de uso de las aplicaciones fuera del campus universitario.	En la NAC, se puede usar las aplicaciones con restricción de uso solo en el campus universitario y el <i>hardware</i> de la MV se ajusta a las necesidades de la aplicación sin importar los equipos de los usuarios. Eliminado las limitaciones.	Si, solución
3	Subutilización de las aplicaciones por restricciones de los laboratorios de cómputo	Con las MV, muchas de las restricciones actuales se ven superadas como: <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad: Aumento de 78 horas por semana, en el mejor de los casos a 658 horas por semanas es un aumento del 940% más. • No se necesita la supervisión de un asistente para el préstamo de máquinas. • La utilización de las MV no está sujeta a una ubicación geográfica específica, esta se accede por medio de la red 	Si, mejoría ya que el préstamo las MV está sujeto a la disponibilidad de los recursos.

Tabla 8.20 Obstáculos del software actual

Fuente: Elaboración Propia

#	Obstáculo de la Gestión en la actual	Gestión en la nube	Se presentó mejoría o solución
1	Incompatibilidad en el sistema de clonación Clonzilla	La clonación de la imagen en la NAC, no se usa el Clonzilla, y esta no depende de ningún modelo de máquinas física, por ende, que los problemas de Incompatibilidad al clonar no tienen caso en la NAC	Si, solución
2	Tiempos de instalación de la maquina principal	<p>En el caso de la NAC, se puede instalar varias imágenes de origen para las diferentes aplicaciones con conjunto de ellas, por ende, se reduce el tiempo de instalación en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de forma simultánea y no secuencial • Se previene errores de compatibilidad entre las aplicaciones • La disponibilidad de la NAC permite trabajar y monitorear las instalaciones 24/7. • Las MV vienen con el S.O. e instalaciones básicas echas como ofimática entre otros. <p>El tiempo estimado de la creación de la maquina principal es de 48 horas, en caso de las MV instalado 2 aplicaciones por MV. Tomando en cuenta la aplicación con una instalación de más duración es de 2 horas aproximadamente, se puede durar entre 8 a 10 horas.</p>	Si, mejoría, pero esto depende la cantidad de aplicaciones por MV
3	Pocos espacios de tiempo para la atención de laboratorios.	En la NAC, el mantenimiento de las MV no afecta el uso de estas, así el tiempo de mantenimiento no está a sujeto a ninguna restricción.	Si, solución
4	Instalación de maquina por máquinas	No se realiza instalaciones de maquina por máquina, sino que solo la imagen de origen se le hace la instalación y está la reproduce a las demás.	Si, solución.
5	Necesidad de personal especializado	En la NAC, también el personal que realice las instalaciones debe ser especializado, ya que no deja de ser un proceso delicado.	No
6	Poco personal para atención de los laboratorios de las unidades académicas	En la NAC, no hay diferencia entre las MV, de una escuela o de otra así que el mantenimiento es el mismo para todas.	Si, solución

Tabla 8.21 Obstáculo de la Gestión actual

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8.10: cotizaciones de los proveedores

Compute Engine	Compute Engine
36 x	25 x
26,280 total hours per month	18,250 total hours per month
VM class: regular	VM class: regular
Instance type: n1-standard-2	Instance type: n1-standard-2
Region: Iowa	Region: Iowa
Total available local SSD space 1x375 GiB	Total available local SSD space 1x375 GiB
Commitment term: 3 Years	Commitment term: 3 Years
Estimated Component Cost: USD 1,609.58 per 1 month	Estimated Component Cost: USD 1,117.77 per 1 month
Total Estimated Cost: USD 1,609.58 per 1 month	Total Estimated Cost: USD 1,117.77 per 1 month
Estimate Currency	Estimate Currency
USD - US Dollar	USD - US Dollar

Figura 8.4 Cotización de Google cloud

Fuente: (Gloogle Cloud, 2020)

Microsoft Azure Estimate					
Su presupuesto					
Service type	Custom name	Region	Description	SKU(s)	Estimated monthly cost
Virtual Machines		West US	25 B2MS (2 vCPU; 8 GB de RAM); Ventaja híbrida de Azure para Windows Server – (solo SO); 3 años de reserva; 1 discos de sistema operativo administrados: \$15, 100 unidades de transacción	AAA-88044, AAA-70180, N9H-01263	\$693,38
Virtual Machines		West US	36 B2MS (2 vCPU; 8 GB de RAM); Ventaja híbrida de Azure para Windows Server – (solo SO); 3 años de reserva; 1 discos de sistema operativo administrados: \$15, 100 unidades de transacción	AAA-88044, AAA-70180, N9H-01263	\$993,46
Support			Free level	Support	\$0.00
				Licensing Program	Microsoft Online Services Agree
				Total	\$1 686,84
Disclaimer					

Figura 8.5 Cotización de Microsof Azure

Fuente: (Microsoft Azure, 2020)

Google cloud			Microsoft Azure			Infraestructura actual	
Precio por mes	Precio por año	Precio por horas efectiva	Precio por mes	Precio por año	Precio por horas efectiva	Precio por año	Precio por horas efectiva
\$1,609.58	\$19,314.96	\$2,2	\$993.46	\$11,921.52	\$1.3	\$11,847.06	\$2.9
\$1,117.77	\$13,413.24	\$1.53	\$693.38	\$8,320.56	\$0.9	\$9,588.93	\$2.3

Tabla 8.22 Tabla comparativa de costo del servicio en la nube con el actual
Fuente: Elaboración propia, (Google Cloud, 2020) y (Microsoft Azure, 2020)